O’ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA KAFEDRASI

“ELEKTR VA MAGNETIZM”

fanidan

O’ Q U V – U S L U B I Y
M A J M U A

Bilim sohasi: 500000 - Tabiiy fanlar, matematika va statistika
Ta’lim sohasi: 530000 - Fizika va tabiiy fanlar
Ta’lim yo’nalishi: 60530900 - Fizika

Namangan 2023

O‘quv uslubiy majmua Namangan davlat universiteti Kengashining 2023 yil 30 avgustdagi 1-sonli yig‘ilishi bayonnomasida tasdiqlangan fan dasturi asosida ishlab chiqilgan

Tuzuvchi:

A.Nabiyev. Namangan davlat universiteti fizika kafedrasi dotsenti, PhD

Taqrizchi:

D.Alijonov NamDU fizika kafedrasi o’qituvchisi (PhD).

Fanning o‘quv-uslubiy majmuasi Namangan davlat universiteti Fizika fakulteti Fizika kafedrasida muhokama qilingan hamda fakultet ilmiy kengashi tomonidan ko‘rib chiqish uchun tavsiya etilgan (2023-yil 28-avgustdagi 1- sonli bayonnoma)

Kafedra mudiri: **B.Abdulazizov**

Fanning o‘quv uslubiy majmuasi Namangan davlat universiteti Fizika fakulteti ilmiy kengashi tomonidan ko‘rib chiqilgan va foydalanishga tavsiya etilgan (2023-yil 29-avgustdagi 1-sonli bayonnoma)

Fakultet dekani: **O.Ismanova**

MUNDARIJA

1. Ma’ruzalar matni
2. Amaliy mashg’ulotlar
3. Laboratoriya mashg’ulotlar
4. Mustaqil ta’lim mashg’ulotlari
5. Glossariy
6. Ilovalar:

- fan dasturi;
- ishchi fan dasturi;
- tarqatma materiallar;
- testlar;
- ishchi fan dasturiga muvofiq baholash mezonlarini qo’llash bo’yicha uslubiy ko’rsatmalar;

O’ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA KAFEDRASI

«ELEKTR VA MAGNETIZM » FANIDAN

MA’RUZALAR MATNI

NAMANGAN 2023 y.

1-maruza. Elektr va magnetizm fanining maqsadi va vazifasi. Fanning mutaxassis tayyorlashda tutgan o'rni. Internet tarmog'idan foydalanish. Nuqtaviy zaryad haqida tushuncha. Zaryadlarning xalqaro (SI) va SGS birliklar sistemasida o'lchov birliklari. Elektronlar. Kulon qonuni.

Reja:

1. Kirish.«Elektr va magnetizm» fanining maqsadi va vazifasi.
2. Jismlarning elektrlanishi. Zaryad tushunchasi, Zaryadlar mavjudligining isboti.
3. Elektr zaryadining saqlanish qonuni.
4. Elektr zaryadlarining o'zaro tasirlashuvlari.
5. Nuqtaviy zaryad haida tushuncha.
6. Kulon qonuni.
7. Elektr maydon to'g'risida tushuncha.

Mavzuga oid tayanch tushuncha va iboralar:

Qahrabo, elektrlangan, elektron, elektr suyuqligi, elektr zaryadlari, musbat zaryad, manfiy zaryad, o'tgazgichlar, dielektriklar va yarim o'tgazgichlar haqida tushuncha, elektroskop va elektrometr tushunchasi, nuqtaviy zaryad, buralma tarozi, o'zaro tasirlashuv, elektr maydoni.

Asosiy savollarga oid muammolar:

- Musbat va manfiy zaryadlarni hosil bo'lishini bilish;
- Elektr tasir kuchini mexanikadagi tasir kuchidan farqini bilish;

1. Kirish. Elektr va magnetizm fanining maqsad va vazifalari.

«Elektr va magnetizm» fani maqsadi tabiatdagi elektr va magnetizm hodisalarining asosiy qonun va qonuniyatlarini o'rganishdan iborat, shuningdek umumiy fizika kursining keyingi bo'limlari-optika, atom fizikasi va nazariy fizikaning elektrodinamika qismini o'rganishga asos bo'lib xizmat qiladi. Bundan tashqari, bu fandan olingan bilimlar va ko'nikmalar, «Radioelektronika asoslari», elektrodinamika fanlarini nazariy va amaliy jihatdan o'rganish uchun, hamda fizika fanini bir qator maxsus kurslarini o'rganishga asos bo'lib xizmat qiladi. Fanni o'rganishdagi asosiy vazifalar ma'ruza, amaliy va laboratoriya mashg'ulotlarini tashkil etish orqali amalga oshiriladi. SHuningdek, o'qitishning interaktiv uslublari va vositalaridan foydalaniladi.

2. Jismlarning elektrlanishi. Zaryad tushunchasi, Zaryadlar mavjudligining isboti.

O'z zamonasida yunon to'quvchi qizlari to'quv dastgohi mokisining uchiga o'rnatilgan qahrabo to'qish jarayonida yungdan qilingan ip-tolalariga tegib ishqalanishi natijasida, o'zigaengil narsalarni tortish xususiyatiga ega bo'lib qolganini sezishgan.

Jun matoga ishqalangan qahraboning ba'zi-bir yengil buyumlarni tortish qobilyatiga ega bo'lib qolishini to'quvchi ayollar sezganliklarini bizning eramizdan avvalgi VII asrda yashagan grek faylasufi Fales Miletiskiy yozib qoldirgan edi. To'quvchi qizlar sezgan bu hodisa, yani jun matoga ishqalangan qahraboning ba'zi bir yengil buyumlarni o'ziga tortish qobilyatiga ega bo'lib qolishini «qahrabo hodisasi» deb nomlandi.

Ikki ming yildan ortiq vaqt o'tgach, 1600 yili ingliz vrachi Jilbert ipakka ishqalangan shisha va bir qator boshqa jismlar ham shunday xossaga ega bo'lib qolishini topib, bu kashfiyotni yanada kengaytirdi. Bunday holatga keltirilgan jismlarni elekrlangan, yoki aynan «qahrabolangan», yani (qahrabo) elektrga o'xshab qolgan jismlar deb atala boshlandi. V. Jilbert qahrabodan boshqa 20 dan ortiq modda (material)lar ham o'zaro ishqalanganda tortish xossasiga erishishlarini aniqlagan.

Tajribalar asosida elektrlangan jismlarning o'zaro ta'siri bir-birlarini tortishish yoki itarishish ko'rinishida namoyon bo'lishi aniqlangan. O'sha davrda ikki tur elektrlangan jismlar qayd qilinib, teriga shisha ishqalanganda, shisha «musbat», teri esa «manfiy» elektrlangan deb qabul qilingan. Shuningdek, ebonit junli matoga ishqalanganda ebonit—manfiy, mato—musbat elektrlangan jism bo'ladi. Bir xil elektrlangan jismlar o'zaro itarishishi, har xil elektrlangan jismlar esa tortishishi tajribalarda aniqlangan.

Oradan qariyb 200 yil o'tgach, V. Franklin, M. V. Lomonosov va G. V. Rixman (XVIII asr) o'z tajribalari bilan atmosferada ro'y beradigan «yashin» elektr hodisasi ekanligi isbot qilganlar. Nihoyat, XVIII asrning oxirlarida (1784—1785 yillar) Sh. Kulon o'zi yasagan buralma tarozi yordamida o'tkazgan tajribasi asosida elektr zaryadlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchini ifodalovchi qonunni topgan. Shundan so'ng, keyingi ikki asr ichida ko'p mamlakatlarda tadqiqot ishlarini olib borgan olimlar o'zlarining kuzatish va tajribalari asosida duch kelgan. yangi dalillarni gipoteza yoki nazariya bilan tushuntirishga uringanlar. Olimlar, nuqtaviy elektr zaryadlar, elementar magnit qutblari yoki ikkita parallel elektr toki elementlari orasidagi o'zaro ta'sir kuchi mavjudligini kuzatgach, XIX asrning ikkinchi yarmigacha Nyutonning butun Olam tortishish qonuniga taqlid qilib, uzoq (masofadan ta'sir bor deb qaraganlar. Amper, Puasson, Gauss, Ostrogradskiy, Veber, Kirxgof kabi olimlar rasmiy shaklda matematik apparatdan foydalanib, nazariy hisoblagan bo'lishlariga qaramay, uzoqdan ta'sir bo'lishining fizik ma'nosi ochilmay qolgan.

Elektr va magnit maydon nazariyasining asoschisi Faradey jismlarning elektrlanishi yoki magnitlanishida ularni o'rab olgan efirda elastik deformasiya va bunga bog'liq taranglik va bosim kabi qandaydir o'zgarish ro'y berishi asosida jismlarning elektromagnit o'zaro ta'sirini tushuntirgan. o'zaro ta'sir kuchlari mavjud bo'lgan bu fazoni elektromagnit maydon deb ataganlar.

Faradey aytgan elektromagnit maydonning mavjudligi haqidagi fikrini oradan 20—25 yil o'tgach, Maksvell rivojlantirdi. Maksvell tajribadan topilgan qonunlarni umumlashtirib, o'z nazariyasining asosiy tenglamalarini oldi. Bu tenglamalar asosida elektromagnit to'lqinlarning mavjudligini, yorug'likning elektromagnit tabiatini nazariy kashf qiladi. Elektromagnit to'lqinlarni birinchi bo'lib G. Gers tajribada oldi. Elektromagnit to'lqin mexanik to'lqin bo'lmay, vakuumda 300000 km/s tezlik bilan tarqaluvchi to'lqin bo'lib, materiyaning maxsus shakli kabi mavjuddir.

XIX asrning oxiri va XX asrning boshlariga kelib Lorens Maksvell nazariyasini rivojlantirib, klassik elektron nazariyaga asos soldi.

Shunday qilib, ko’p asrlar davomida, elektr va magnetizm haqida tajriba va nazariy ma’lumot rivojlanib, elektr va magnit maydon tushunchalari, ularning tabiati haqidagi fikrlar shakllana bordi.

Quyidagi juda muhim hodisa elektrlangan jismlar tarkibida nimadir paydo bo’ladi degan fikrga olib keladi : agar, masalan, musbat elektrlangan jismni manfiy elektrlay boshlasak, uning elektrlangan holati dastlab kamayadi, so’ng batamom yo’qoladi va shundan keyingina jism manfiy elektrlana boshlaydi. Bundan ma’lum bo’ladiki, turli ishorali elektrlangan jismlar bir-birini kompensatsiyalar ekan. Kompensatsiya natijasida jismlar dastlabki holatlariga qaytadilar. Jismlarning bu holalaritni elektroneytral holat deymiz. Elektrlangan jismlar tarkibida paydo bo’lgan narsani saryad, deb ataldi.

Shunday qilib, bu fakt (musbat elektrlangan jismni manfiy elektrlay boshlasak, uning elektrlangan holati dastlab kamayadi, sung batamom yukoladi va shundan keyingina jism manfiy elektrlana boshlaydi) elektrlangan jismlarda hamma vaqt zaryadlar bo’lishini bildiradi. Lekin ulardagi zaryadlar qarama-qarshi ishorali va shuncha miqdorda bo’ladiki, bu zaryadlarning ta’sirlari bir-birini batamom komnensatsiyalab turadi, degan gipotezaga olib keldi. Ortiqcha musbat zaryadlarga ega bulgan jism musbat zaryadlangan, ortiqcha manfiy zaryadlarga ega bulgan jism manfiy zaryadlangandir.

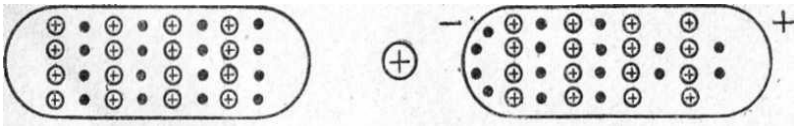
3. Elektr zaryadining saqlanish qonuni.

Jismlarni bir-biriga ishqalanganda har ikkala jism ham elektrlanadi, bundahar doim ularning biri musbat, ikkinchisi manfiy elektrlanadi. Bundan biz zaryadlar vujudga kelmaydi ham va yukolmaydi ham, ular fakat bir jismdan ikkinchi jismga uzatilishi yoki berilgan jism ichida ko’chishi (harakatlanishi) mumkin degan xulosaga kelamiz. Elektrlangan jismlardagizaryadlarining saqlanish qonuni nomi bilan malum bo’lgan bu hodisa elektr talimoti sohasida asosiy qoida bo’lib, ko’p dalillar bilan isbotlanadi. Bu dalillardan biri Epinus kashf etgan tasir orqali, odatda aytilishicha, induktsiya yuli bilan jismlarni elektrlashdir.

Tinch holatda bo’lgan zaryadlar va ular atrofida mavjud bo’lgan elektr maydonning o’zaro ta’sirini miqdoriy bog’lanish bilan o’rganuvchi bo’limga elektrostatika deyiladi. Avvalo, jismlarning elektrlanishigaoid ba’zi hodisalarni ko’rib chiqaylik.

Elektrlanishni uch usul bilan amalgaoshirish mumkin: ishqalanish yo’li bilan, tekkizish yo’li bilan va ta’sir orqali.

Ishqalanish yoki ta’sir usuli bilan ayrim jismlar elektrlanganda, ulardan biri musbat zaryadlansa, ikkinchisi manfiy zaryadlanadi va hamma vaqt bu zaryadlarning miqdorlari o’zaro teng bo’ladi. Boshqachaaytganda, neytral jismdagi musbat va manfiy zaryadlarning miqdorlari hamma vaqt o’zaro teng bo’ladi. Nechta musbat zaryad bo’lsa, manfiy zaryad ham shuncha bo’ladi. Yakkalangan sistemadagi zaryadlar miqdori vaqt o’tishi bilan o’zgarmaydi. Bu hol zaryadlarning saqlanish qonuni deb yuritiladi.

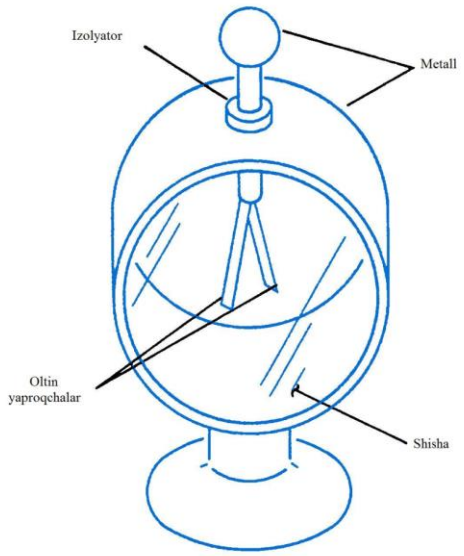


1-rasm. Elektron nazariyada elektr induktsiyani tushuntirish sxemasi.
Plyus ishorali doiralar—metallning musbat ionlari, qora nuqtalar—o'tkazuvchanlik elektronlari, a—zaryadlanagan holatdagi metall, b—ta'sir qiluvchi jism mavjudligidagi metall.

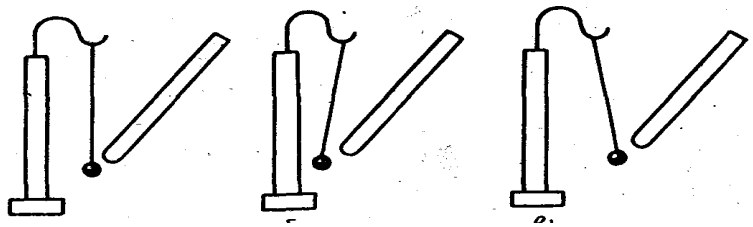
Hozirgi vaqtda hamma o'rta maktabning, hatto 8- sinf o'quvchilariga ham Rezerford tajribasining kinolavhasini kuzatishlari asosidaolgan bilimlaridan bizga ma'lumki, biz bilgan vodorod (N), geliy (Ne), ko'mir (S), azot (N), kislorod (O) va h. k. (Mendeleev jadvalidagi) 100 dan ortiq element atomlarining $10^{-36} - 10^{-39} м^3$ hajmli yadrosida massalari qariyb bir xil musbat zaryadli proton va zaryadsiz neytronlar joylashgan bo'lib, uning atrofida protonlar soni (Mendeleevning davriy sistemasida elementning tartib raqamini ko'rsatuvchi son)ga teng elektronlar harakat qiladi. Har bir atom yoki umuman har qanday jismdagi elektronlar soni undagi protonlar soniga teng bo'lsa, ular eng yaqin ($10^{-10} м$) masofada bir-birlarining o'zaro ta'siri bilan bog'langan bo'lib, atrofdagi boshqa muhit zaryadlarigasezilarli ta'sir kilmaydi, bunday jismlar amalda elektrdanmagan holda bo'lganligi uchun neytral jism yoki neytral atom deyiladi. Agar ma'lum bir vosita yoki kuchli energetik ta'sir bilan jismda n dona elektron ajratib olinsa, undagi elektronlar soni p taga kamaygan bo'ladi, bunday jismni musbat zaryadlangan jism deb yuritiladi, aks holda, ya'ni jismdagi elektronlar soni, undagi musbat zaryadli protonlar sonidan ko'p bo'lsa, bu jism manfiy zaryadlangan deyiladi. Ko'pincha, metallar tezgina elektronlaridan ajralib musbat zaryadlanadi, gazlar esa (vodoroddan boshqalari), manfiy zaryadlanadi. Щuning uchun ham elektr-lanishda bir jism i dona manfiy zaryadni ikkinchi jismdan ajratib olsa, ikkinchisida p donaortiqcha musbat zaryadlar qolgan bo'ladi. Hamma vaqt neytral jismlardagi musbat va manfiy zaryadlar soni o'zaro teng bo'lib, ularning algebraik yig'indisi nolga teng bo'ladi. Bu xol ham elektr miqdorining saqlanish qonunini tasdiqlaydi.

4. Elektr zaryadlarining o'zaro tasirlashuvlari.

Biz endi bir necha hodisani ko'zataylik. Jismning elektrlangan ekanligini ko'rsatuvchi asbob elektroskopning tashqi sharchasiga (2-rasm) bir parcha teriga ishqalangan shisha tayokchasini tegizsak, asbob ichida joylashgan metall sterjenh uchiga yopishtirilgan yupka qog'ozyaproqchalari bir-biridan uzoqlashadi; agar shu holda, tajriba uchun, shisha tayoqcha o'rniga ebonit tayoqchani olib, uni movut parchasiga ishqalangandan so'ng sharchaga tegizsak, qog'ozyaproqchalari avval bir-biriga tegib, yana bir-biridan uzoqlashadi.



2-a rasm. Elektroskop.



1-holat 2-holat 3-holat

2-b rasm

Shtativ elkasiga bir uchiga yupqa qog'ozparchasi yopishtirilgan ipak ipni osgach, unga teriga ishqalangan shisha tayoqchasini yaqinlashtirganimizda, yaproqchalar yugurib kelganicha shishaga tegib (2-b rasm, 1-holat), uning zaryadidan olgach, undan qochadi, (2-b rasm, 2-holat), shu holda shisha tayoqcha o'rnida movutga ishqalangan ebonit tayoqchani yaqinlashtirsak, shishadan qochgan yaproqchalar ebonitga tortiladi (2-b rasm, 3-holat). Bu tajriba elektr zaryadlari ikki turli ekanligini ko'rsatgani uchun shartli ravishda shisha zaryadi musbat (+) va ebonit zaryadi manfiy (—) ishorali deb qabul qilingan, ya'ni bir ismli [faqat (+) yoki (—-) zaryadlar bir-biridan qochadi, ikki ismli [(+) va (—)] zaryadlar bir-birini tortadi, deyilgan.

Agar elektroskop yaproqchalari qarshisiga biror ekran o'rnatib, zaryadning oz-ko'pligiga qarab yaproqchaog'ishiga mos chiziqlar chizib qo'ysak, u bilan zaryad miqdorini o'lchash mumkin bo'ladi. Bunday shkala-li elektroskop elektrometr (3-rasm) deb yuritiladi.

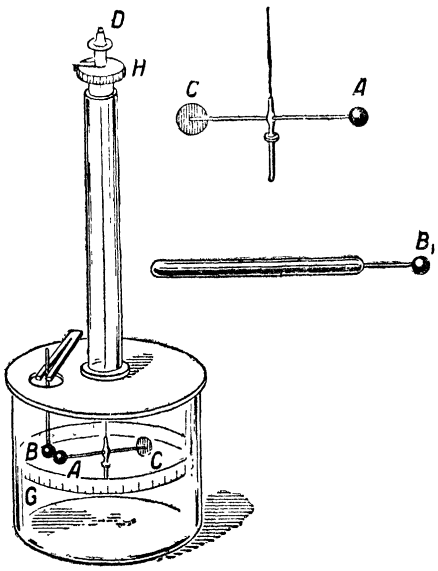
Elektrometr aoyoqchaga o'rnatilgan ikki tomoni oyna bilan berkitilgan metall gardish bo'lib, uning ichiga gardishdan izolyasiyalangan holda s metall tayoqcha, tayoqchaga esa burilaoladigan qilib b strelka, gardishning pastki qismiga, uni erga ulash uchun d klemma o'rnatilgan. Oynaning bir tomoni darajalangan.

Biz yuqoridagi tajribada shisha yoki ebonit tayoqchalarning ishqalash natijasida elektrlanganini ko'rdik. Metallarni ishqalamasdan yoki tegmasdan ham elektrlash

mumkin.

5. Kulon qonuni

a va b sharchalarni ixtiyoriy zaryad miqdori bilan elektrlash uchun ularning biriga uchinchi B dielektrik dasta uchidagi zaryadlangan metall sharchani tegizamiz. Endi a va b sharchalar bir-biriga tegizilsa, teng miqdorda zaryadlangan shu sharchalar bir-birlarini itarib, biror uzoqlikda muvozanatga kelib to'xtab qoladi, ular orasidagi masofani asbob devoridagi SH shkalaorqali o'lchash mumkin. Keyin asbobning V dastasi orqali simni burab, sharchalar orasidagi masofa kamaytira boriladi va turli burchaklarda sharchalarning muvozanatda bo'lish paytida ular orasidagi masofalar ham o'lchab boriladi.



5-rasm. Kulonnning buralma tarozisi.

Mexanikadan bilamizki, elastik deformasiyada burilish burchagi aylantirish momentiga mutanosib bo'ladi, avvaldan tajriba qilib simning burilish deformasiya koeffisienti (burilish burchak birligiga to'g'ri kelgan kuch miqdori) ni aniqlab olib, zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi (burilish kuch momenti orqali) ni aniqlab (amalda zaryadli sharchalarni istalgan masofaga keltirib muvozanatda saqlab) unga to'g'ri kelgan masofani yozib olgach, zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi F masofaning kvadratiga teskari proporsional, ya'ni Kulon topgan $F \sim \frac{1}{r^2}$ xulosaga kelamiz. Kulon yana bir qator tajriba qilib zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi zaryad miqdoriga qanday bog'liq ekanligini alohida tekshirgan. Buning uchun a yoki b щarchasiga tegish bilan undagi zaryadni erga o'tkazib, so'ngraa sharcha b sharchaga tegizilsa, bir xil miqdorda qoldik zaryadli sharchalar bir-biridan uzoqlashib, ma'lum masofada muvozanatga kelib, to'xtab qoladi. By holda sharchalardagi zaryad miqdori ularning har birida ikki marta kamayganda, shu masofaga mos o'zaro itarish kuch to'rt marta kamayganini topgan. Bu tajribadaa va b sharchalarning har birida birinchi tajribada q zaryaddan bo'lganda, ular orasidagi macofa r ga, ta'sir etuvchi kuch esa F ga teng bo'lsa, har bir sharchadagi zaryadlar miqdori $\frac{q}{2}$ dan qolgan ikkinchi tajribada, yana V dastani burash orqali sharchalar orasi shu r masofaga keltirilganda ta'sir kuch 4 marta kamaygan, bu tajribadan zaryadlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchi shu zaryadlar miqdoriga, ya'ni zaryadlar ko'paytmasiga to'g'ri. proporional, degan xulosa kelib chiqadi.

Agar b sharchani b zaryadlanmagan holdaa sharchaga tegizsak, undagi zaryad miqdorining yarmi b ga o'tib, a dagi zaryad miqdori ikki marta kamayadi, dastani burash bilan zaryadlar orasidagi masofani o'zgartirmasdan, kuch o'lchansa, uning qiymati birinchi tajribadagidan to'rt marta kamayadi Zaryadsiz B shar bilan xuddi shunday tajribani (b ga tegizib) takrorlasak, bunda ham b shardagi zaryad ikki marta

kamayganidan kuchning yana to'rt marta kamayganiga ishongan, bundan o'zaro ta'sir kuch a hamda b sharchalar zaryadiga mutanosib ekanligi aniq bo'lgan, ya'ni kuch F~$q_a \cdot q_b$ umumiy holda F~$q_1 \cdot q_2$. Masofaga nisbatan sharlarning radiusi $R \to 0$ darajada kichik bo'lsa, undagi zaryadlarni nuqtada to'plangan, ya'ni nuqtaviy zaryad deb hisoblash mumkin. Bu holda q_1 va q_2 nuqtaviy zaryadlar uchun Kulon qonuniga tubandagi ta'rifni berish mumkin; ikkita nuqtaviy zaryadning o'zaro ta'sir kuchi zaryadlar ko'paytmasiga to'g'ri, ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proprosional bo'lib, ularni birlashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'yicha yo'nalgandir.

Kulon qonunining matematik ifodasini tubandagicha yozish mumkin:

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad (1.1)$$

yoki vektor ko'rinishida

$$\vec{F}_{12} = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} = -\vec{F}_{21} \qquad (1.2)$$

$\vec{F}_{12}$ va $\vec{F}_{21}$ birinchi zaryadning ikkinchi zaryadga va ikkinchisining birinchiga ta'sir kuchi; k—zaryad, masofa va kuchlarni o'lchash uchun qabul qilingan birliklar sistemasiga bog'liq bo'lgan mutanosiblik koeffisienti.

SI sistemasida (1.1) ifodadagi $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ ekanligini hisobgaolsak, (1.1) quyidagi

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad (1.3)$$

shaklda yoziladi. ε_0-vakuumning elektr doimiysi bo'lib, uning qiymatini aniqlash uchun zaryad miqdorlari 1 Kl = $3 \cdot 10^9$ SGSE bo'lgan nuqtaviy zaryadlarning bir-biridan 1 m masofada turib, o'zaro ta'sir etish kuchlaridan foydalanamiz. Endi SGSE birliklar sistemasidagi dina-larda ifodalangan zaryadlararo ta'sir etuvchi kuchni Nhyutongaaylantiraylik:

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{3 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^9}{(10^2)^2} \text{дина} = 9 \cdot 10^9 H \qquad (1.4)$$

Zaryadni Kl larda, masofani esa m larda ifodalaganimizda, SI da

$$F = \frac{q^2}{4\pi r^2} H \quad \text{ya'ni} \quad F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Кл^2}{м^2} \qquad (1.5)$$

(1.4) va (1.5) kuchning ikki sistemadagi ifodasi bo'lgani uchun

$$9 \cdot 10^9 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Кл^2}{м^2}$$

bundan elektr doimiyning qiymatini topamiz:

$$\varepsilon_0 = \frac{1Кл^2}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9 H \cdot м} = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{А \cdot с \cdot м}{Ж \cdot м} = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{Ф}{м}$$

Biror muhit (dielektrik) dagi zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi muhit ta'siri bilan vakuumga nisbatan ε marta kam bo'ladi, shuning uchun umumiy holda Kulon qonuni (1.2)

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} \qquad (1.6)$$

shaklda yoziladi, bunda ε—muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi.

Nazorat savollari:

1. Qahrabo hodisasini ayting. Bu hodisada qanday materiallar (moddalar) qatnashadilar? Bu materiallarni izohlang. Elektrlangan jismlar bilan qahrabo hodisasi orasida farq bormi?
2. Nima uchun gramofon plastinkasini latta(mato) bilan tozalangandan so'hg u o'ziga changni torta boshlaydi?
3. O'tkazgichning to'la zaryadi bilan otkazgichdagi erkin zaryadlari orasidagi farqni tushuntiring?
4. Elektroskopni zaryadlanganda uning yaproqchalari bir- biridan itariladilar va burchak ostida joylashadilar.Elektrli itarilishni kompensatsiyalovchi qaysi kuch yaproqlarni yanada kattaroq burchakka ochilmaslikka yo'l qo'ymaydi?
5. Matoga ishqalangan plastmassa chizg'ichni elektr neytral qog'oz parchasiga yaqinlashtirildi va u chizg'ichga tortildi. Sodir bo'layotgan zaryadlarning taqsimlanishini tasvirlang va nima uchun tortilich bo'lishini tushtiring.
6. Kulon qonining matematik yozuvi Nyutonning butun olam tortilish qonunini eslatadi. Bu qonunlarning farqi nimadan iborat? Gravitatsion massa bilan elektr zaryadni qiyoslang.
7. Odatda biz jismlar orasidagi elektrik yoki gravitatsion ta'sirlashuvni sezmaymiz. Bu hollarning har biridagi sabab nimadan iboratligini tushuntiring. Bunday hodisalar kuzatiladigan misollarni keltiring va nima uchunligini tuchuntiring.
8. Elektrik kuchlar konservativ hisoblanadilarmi? Javobni tushtiring.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma.O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.

10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. “Elektr va magnetizim”, “Iqtisod-moliya”, nashriyoti, 2007.

2-maruza. Elektr maydon. Elektr maydon to’g’risida tushuncha. Elektr maydon kuchlanganligi. Elektr maydonlarni qo’shish. Zaryadlarning chizig’iy, sirtiy va hajmiy zichliklari. Zaryadlar sistemasining elektr maydoni.

Reja:

1. Elektr maydon.
2. Elektr maydonining kuch chiziqlari
3. Elektr maydonining kuchlanganlik vektori
4. Maydonlar qo’shilishi (superpozisiyasi)
5. Zaryadning hajmiy va sirtiy zichligi
6. Kuch chiziqlari

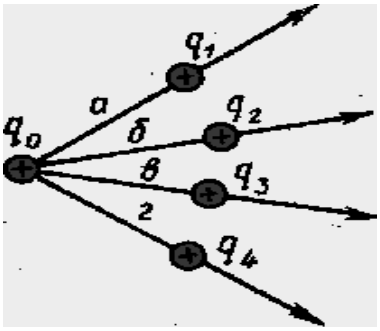
Mavzuga oid tayanch tushuncha va iboralar :

Elektr maydon. Elektrostatik maydon. Sinov zaryadi. Kuch chiziqlari. Kuchlanganlik vektori. Superpozitsiya.

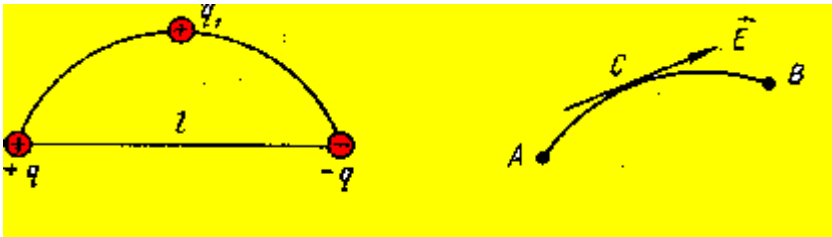
1.Elektr maydon.

Yuqorida elektr maydonning nima ekanligini va uning ta’rifini aytgan edik, endi maydonning xossalarini o’rganamiz.

Agar biz biror 0 nuqtaga $+q_0$ zaryadni joylashtirgan holda tinch saqlab, uning atrofiga qandaydir a, b, v nuqtalarga sinash uchun q_1, q_2, q_3 musbat zaryadlarni kiritish bilan erkin qo’yib yuborsak, u $+q_0$ zaryaddan to’g’ri chiziq bo’ylab (agar olingan nuqtalar turli atrofda bo’lsalar, radial bo’ylab) to cheksizlikkacha uzoqlashadi (1-rasm). Bu radial chiziqlar q_0 zaryad joylashgan 0 nuqtaning hamma



1-rasm



2-rasm 3-rasm

atrofini to’ldirib, ularning kaysi biri yo’nalishida bo’lmasin, ixtiyoriy, nuqtasiga keltirilgan paytida qandaydir kuch ta’siri mavjud ekanligini ko’ramiz. Bunday

kuchlar vektorlarining yo'nalishi — q zaryad harakati tomon yo'nalgan deb qabul qilingan. Agar biror fazoda l uzoqlikda +q va—q zaryadlar tinch turib, ular orasidagi biror nuqtaga keltirilgan $+q_1$ zaryad erkin qo'yib yuborilsa, biror chiziq bo'ylab +q dan —q tomon keladi (2-rasm). Umumiy holda $+q_1$ zaryadning qo'yilish o'rniga qarab harakat traektoriyasi (izi) ni ko'rsatuvchi chiziq to'g'ri chiziq emas, egri chiziq bo'lishi ham mumkin. Bu chiziqning istalgan nuqtalaridan zaryadga ta'sir etuvchi kuch vektorining yo'nalishi bu egri chiziqning shu olingan nuqtasidan (3-rasm) o'tgan urinma chiziq bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Bunday muhitlarga elektr maydonning kuch chiziqlari deyiladi.

Kuch chiziqlari bilan tasavvur etilgan elektr hodisada kuch ta'sirining ro'y berishi, uning sababchisi sifatida biror moddiy muhit borligini bildiradi, Ana shu fizik reallik — borliq biz aytgan elektr maydonining o'zginasi bo'lib, u materiya shakllaridan biri hisoblanadi.

2. Elektr maydonining kuch chiziqlari

Elektr maydonni xarakterlovchi bir vecha fizik kattaliklar tushunchasi bilan tanishib chiqaylik.

Agar biror 0 nuqtada $+q_0$ zaryadni o'rnashtirib, undan r uzoqlikdagi nuqtaga $q_1, q_2, q_3, \ldots$zaryadlarni navbatma-navbat keltirsak (9-rasm), ularga turli $F_1, F_2, F_3, \ldots$ kuchlarning ta'sir etganligini ko'ramiz, ammo shu nuqtaga keltirilgan har bir zaryad miqdori birligiga to'g'ri kelgan kuchni o'lchasak, hamma keltirilgan zaryadlar uchun bir xil qiymat kelib chiqadi, ya'ni

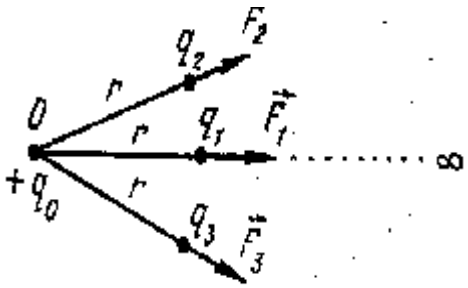
$$\frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2} = \frac{F_3}{q_3} = \ldots \qquad (1.7)$$

Har qanday q zaryadni keltarganimizda ham shu nuqta uchun qandaydir bitta qiymat

$$\frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2} = \frac{F_3}{q_3} = \ldots = \frac{F}{q} \qquad (1.8)$$

kelib chiqadi.

6. Elektr maydonining kuchlanganlik vektori

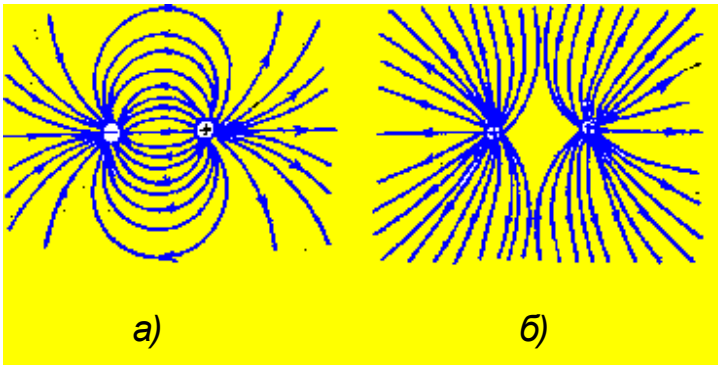


9-расм.

Bu E ning son qiymati kuch chizig'i bo'yicha olingan turli nuqtalar uchun turlicha bo'ladi. Elektr maydonning ixtiyoriy bir nuqtasida musbat zaryad birligiga to'g'ri kelgan kuch miqdori bilan o'lchanib, maydonni xarakterlovchi fizik kattalikka maydonning shu nuqtadagi kuchlanganligi deyiladi va E harfi bilan belgilanib, $E = \frac{F}{q}$ shaklda yoziladi. Kuch vektor bo'lgani uchun kuchlanganlik ham vektor, ya'ni

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad \text{bundan} \quad \vec{F} = q\vec{E} \qquad (1.9)$$

yozuvdan ham foydalanish mumkin.



6-rasm

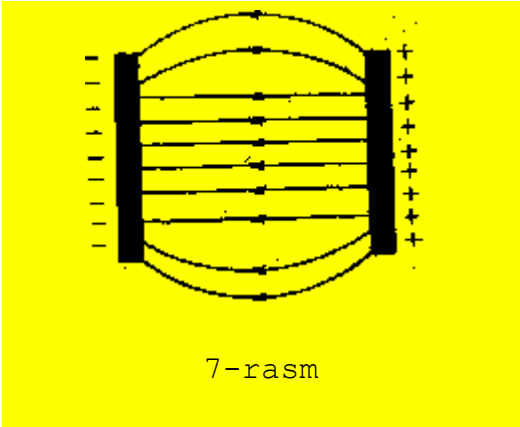
Vakuum uchun Kulon qonunining ifodasi

$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{qq_0}{r^3}\vec{r}$ hisobga olinsa,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_0}{r^3}\vec{r} \qquad (1.10)$$

(1.10) ga asosan, nuqtaviy q_0 zaryad atrofidagi elektr maydon kuchlanganligi shu zaryad miqdoriga to'g'ri va masofa (oraliq) ning kvadratiga teskari proporsional degan xulosa chiqadi.

Agar elektr maydonning r uzoqlikda olingan nuqtasida kuchlanganlik $\vec{E}$ bo'lsa, 2r uzoqlikda kuchlanganlik 4 marta kam bo'ladi.



7-rasm

Kuch chiziqlari orqali tasavvur qilingan turli elektr maydon manzaralari 5, 6, 7-rasmlarda berilgan.

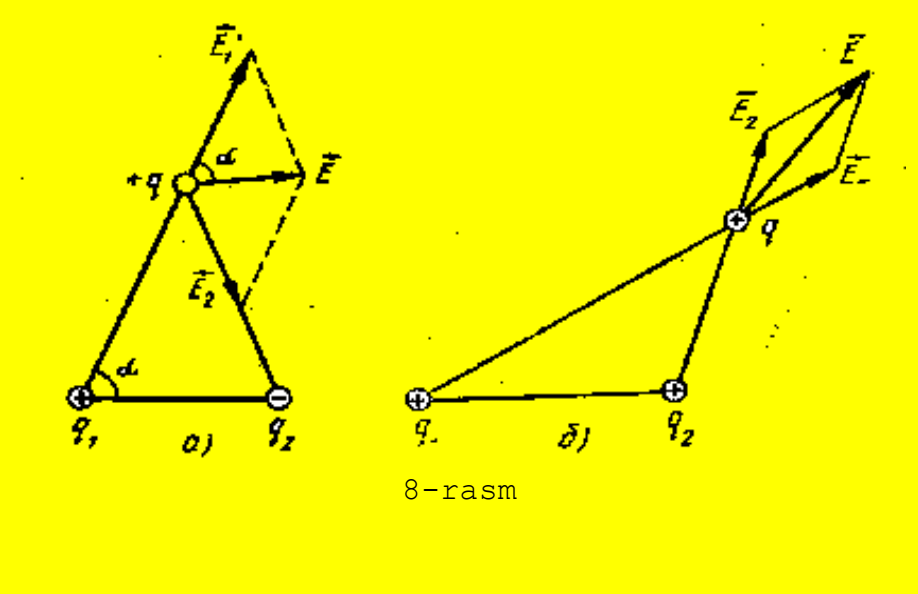
6. Maydonlar qo'shilishi (superpozisiyasi)

Biror uzoqlikda joylashgan $+q_1$ va $+q_2$ zaryadlarga nisbatan ixtiyoriy 0 nuqtaga +q zaryadni keltiramiz, uning birlik miqdoriga to'g'ri kelgan kuch-vektorlar, ya'ni kuch-langanlik vektorlari $\vec{E}_1$ va $\vec{E}_2$ ikkita o'z radial yo'nalishida mavjud bo'lib ularning geometrik yig'indisi to'liq maydonning kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ni beradi, ya'ni

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \qquad (1.11)$$

5-rasm

(8-rasm). +q zaryadni $+q_1$ zaryad o'zidan itaradi (13-b rasm), $-q_2$ zaryad ea o'ziga tortadi (13-a rasm). Bu ikki vektor kuchlanganlar bir vaqtda ta'sir etib, +q ikkala ta'sirning natijalovchi ta'siri ostida bo'ladi. Ana shu umumiy yig'indi ta'sirning son qiymati E, ular orasidagi burchak α deb olinsa, (1.11) dan



8-rasm

$$E = \sqrt{E_1^{\,2} + 2E_1E_2\cos\alpha + E_2^{\,2}} \qquad (1.12)$$

topilib, $\vec{E}$ vektorning yo'nalishi $\vec{E}_1$ va $\vec{E}_2$ lar ustiga chizilgan parallelogrammning diagonali bo'yicha yo'nalgan bo'ladi.

Agar zaryadlar joylashgan nuqtalar ko'p bo'lib, ularning ixtiyoriy biror nuqtadagi kuchlanganliklari $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3, \ldots \vec{E}_n$ bo'lsa, yig'indi vektor kuchlanganlik:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots + \vec{E}_n \qquad (1.13)$$

Natijaviy kuchlanganlik vektorining tashqil etuvchi kuchlanganlik vektorlarining geometrik yig'indisiga teng bo'lishi superpozisiya prinsipi deyiladi.

SI da F=1 N va q=1 Kl bo'lsa, ya'ni 1 kulon zaryadga 1 nhyuton kuch ta'sir etsa, shu nuqtadagi kuchlanganlikning qiymati kuchlanganlik birligi deb qabul qilinadi, ya'ni SI da $E = 1\,\frac{H}{Кл}$.

5. Zaryadning hajmiy va sirtiy zichligi

Har qanday zaryadlangan jismlar hosil qiladigan elektr maydon kuchlanganligini (9.1a) va (10.1) formulalardan foydalanib hisoblash mumkin.

Zaryadlangan jismlarning har birining chiziqli o'lchamlari bu jismlar va maydonning qaralayotgan nuqtasi orasidagi masofaga qaraganda kichik bo'lsa, u holda har qaysi jismni nuqtaviy zaryad deb qarash mumkin Bu holda zaryadlangan har bir jism hosil qilayotgan maydon kuchlanganligini (9.1a) formula bo'yicha hisoblash va so'ngra maydonlarni qo'shish printsipidan (10.1) foydalanib, ularning vektor yig'indisini topish mumkin.

Agar zaryadlangan jism juda katta bo'lib, uni nuqtaviy zaryad deb qarash mumkin bo'lmasa, u holda zaryadlarning jism ichida taqsimlanishini bilish lozim.

Zaryadlangan jism ichida kichik $\Delta\tau$ hajm ajratamiz va shu hajmdagi elektr zaryad miqdorini Δq bilan belgilaymiz. Hajm cheksiz kamayganda $\frac{\Delta q}{\Delta\tau}$ nisbat limitini muayyan nuqtada *elektr zaryadlarning hajmiy zichligi* deyiladi. Uni ρ orqali belgilab, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\lim_{\Delta\tau\to 0}\frac{\Delta q}{\Delta\tau}=\rho. \qquad (1.14)$$

Shunday qilib, zaryadning hajmiy zichligi jismning hajm birligidagi zaryad miqdori bilan o'lchanadi. Hajmning $d\tau$ elementidagi zaryad miqdori $\rho d\tau$ ga teng. Tekis zaryadlanmagan jism uchun ρ turli nuqtada turlicha bo'ladi. Agar ρ koordinatalar funktsiyasi kabi ma'lum bo'lsa, jism hajmidagi zaryad taqsimotini ifodalash mumkin bo'ladi.

Ko'pincha zaryadlar jism sirtida yotgan yupqa qatlam ichidagina taqsimlanadi. Bu holda zaryadning sirtiy zichligidan foydalangan qulay bo'ladi, ta'rifga ko'ra u

$$\lim_{\Delta S\to 0}\frac{\Delta q}{\Delta S}=\sigma. \qquad (1.15)$$

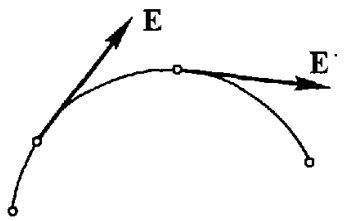
Bu yerda Δq – sirtning ΔS qismidagi zaryad miqdori. Boshqacha aytganda, zaryadning sirtiy zichligi jismning birlik sirtidagi zaryad miqdori bilan o'lchanadi. Sirtning dS elementidagi zaryad miqdori σdS ga teng. Jism sirtidagi zaryad taqsimotini ifodalash uchun σ sirt koordinatalari funktsiyasi sifatida ma'lum bo'lishi kerak.

Agar jism ichidagi zaryad taqsimoti ma'lum bo'lsa, u holda zaryadlar hosyl qilayotgan elektr maydonni ham hisoblash mumkin. Buning uchun zaryadlangan jismni cheksiz kichik qismlarga bo'lib chiqiladi va ularni nuqtaviy zaryadlar deb qarab, jismning har bir qismi hosil qilayotgan maydon kuchlanganligi hisoblanadi. So'ngra jismning har bir qismi uchun hisoblab topilgan maydonlarni qo'shib, to'la maydon topiladi; yig'indi odatda integrallashga keltiriladi.

Shuni qayd qilib o'tish kerakki, berilgan zaryadlar bo'yicha elektr maydonni aniqlash ko'pincha potentsiallar farqini (III bob) hisoblash bilan bajariladi, chunki bunda hisoblashlar ancha soddalashadi.

6. Kuch chiziqlari

Elektr maydonni tavsiflash uchun maydonning har qaysi nuqtasidagi kuchlanganlik vektori berilgai bo'lishi lozim. Buni analitik tarzda, maydon kuchlanganligining koordinatalarga bog'liqligini formula ko'rinishida ifodalab amalga oshirish mumkin.



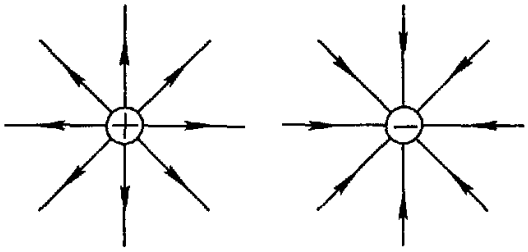
9-rasm. Kuch chiziqlarini aniqlashga doir

Biroq bunday bog'lanishni kuch chiziqlaridan foydalanib grafik tarzda ham

berish mumkin.

Kuch chizig'i yoki *maydon kuchlanganligining vektor chizig'i* deb, elektr maydonda o'tkazilgan shunday chiziqqa aytiladiki, bu chiziqning istalgan nuqtasiga o'tkazilgan urinmaning yo'nalishi maydon kuchlanganligi vektori yo'nalishi bilan mos tushadi (6-rasm). Har qanday to'g'ri chiziq kabi urinma ham ikki o'zaro qarama-qarshi yo'nalishni ifodalaydi, shuping uchun kuch chizig'iga ma'lum yo'nalish beriladi, uni chizmada strelka bilan belgilanadi.

Kuch chiziqlari yordamida faqat yo'nalishi emas, balki maydon kuchlanganligi kattaligini ham tasvirlash uchun maydon grafiklarida kuch chiziqlarini ma'lum quyuqlikda o'tkazish, chunonchi, kuch chiziqlariga perpendikulyar bo'lgan birlik sirt orqali o'tayotgan kuch chiziqlari soni muayyan nuqtada maydon kuchlanganligi kattaligiga teng (yoki proportsional) bo'lishi lozimligi shartlashilgan.

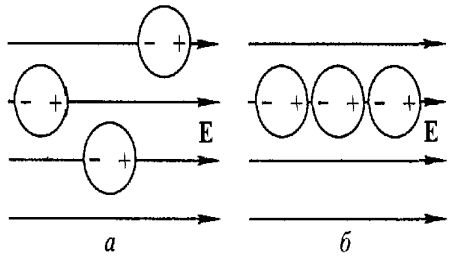


10-rasm. Nuqtaviy zaryadnig kuch chiziqlari.

Maydon kuch chiziqlarini tasvirlab, maydonning o'ziga xos grafiklari yoki kartalarini olamiz. Ular maydonning turli qismlarida kuchlanganlik nimaga tengligini va u fazoda qanday o'zgarishini ko'rsatadi. Maydonlarni bu usulda tasvirlash ancha ko'rgazmali bo'lgani tufayli elektrotexnikada keng qo'llaniladi.

Aytilganlardan maydonning har qanday nuqtasi orqali kuch chizig'i o'tkazish mumkinligi kelib chiqadi. Bundan keyin maydonning har qaysi nuqtasida kuchlanganlik vektori ma'lum yo'nalishga ega bo'lgani uchun kuch chiziqlari hech qaerda o'zaro kesishmaydi.

7-rasmda misol tariqasida nuqtaviy zaryadning kuch chiziqlari manzarasi berilgan. Zaryaddan biror r masofada kuch chiziqlarining quyuqligi (zichligi) zaryaddan chiqqan kuch chiziqlari to'la soni N ning radiusi t bo'lgan sfera sirtiga nisbatiga teng, ya'ni $N/4\pi r^2$. U ham maydon kuchlanganligi kabi zaryaddan uzoqlashgan sari masofaning kvadratiga teskari proportsional ravishda kamayib boradi.

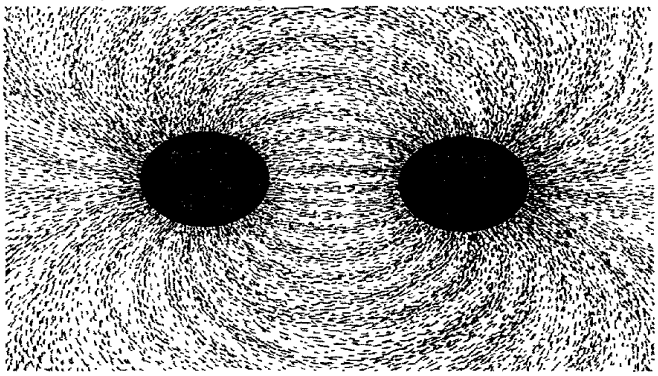


11-rasm. Elektr maydondagi mayda zarralar

Agar elektr maydon kuchlanganligini hisoblash mumkin bo'lsa, unda bu maydonning kuch chiziqlari manzarasini ham chizish mumkin bo'ladi. Biroq murak-kab shakldagi zaryad-langan jismlarning maydon kuchlangan-ligini hisoblash qiyinlik qiladi. Bunday hollarda kuch chiziqlari manzara-sini tajribada hosil qilish mumkin.

Agar elektr maydonga biror mayda zarralar joylashtirilsa, ularda induktsiyalangan zaryadlar paydo bo'ladi (8-*a* rasm). Bunday zarralar turli

ishorali zaryadlarning o’zaro tortishishi va bir xil ishorali zaryadlarning

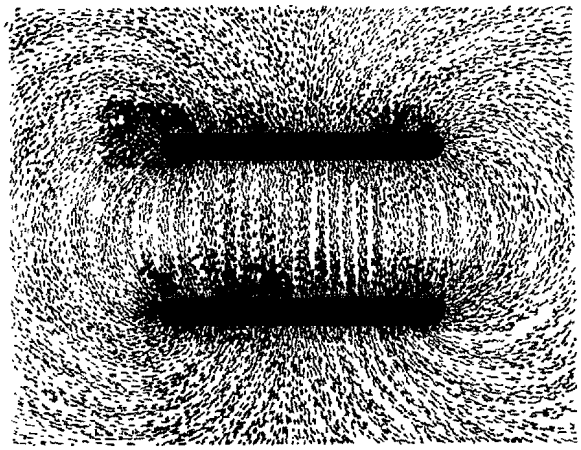


12-rasm. Turli ishoradali zaryadlangan ikki sharcha

o’zaro itarishishi ta’siri ostida kuch chiziqlari yo’nalishi bo’yicha zanjir ko’rinishida o’rnashib olgunga qadar siljiydi (8-*b* rasm). Elektr maydonni eksperimental tekshirishda xuddi ana shu hodisadan foydalaniladi: o’rganilayotgan maydonga mayda qattiq zarralar kukuni aralashtirilgan mos suyuq izolyator kiritiladi; kukun zarralari elektr maydonda bir elektroddan (zaryaddan) ikkinchisigacha cho’zilgan ko’p sonli zanjirlar shaklida joylashib qoladi va bu bilan kuch chiziqlarining shakli va joylashishini aks ettiradi.

9-rasmda turli ishorali zaryad bilan zaryadlangan ikkita bir xil sharchalar orasidagi elektr maydon tasvirlangan. Agar atrofdagi boshqa jismlar yetarlicha uzoqda, ya’ni sharchalar orasidagi masofaga qaraganda ancha uzoq masofada joylashgan bo’lsa, rasmda tasvirlangan maydon hosil bo’ladi.

Turli ismli zaryadlar bilan zaryadlangan ikkita parallel metall plastinka orasidagi elektr maydonni ham qarab chiqamiz. Bunday sistema *yassi kondensator* deb ataladi.



13-rasm. Yassi kondensatorning elektr

Nazorat savollari

1. Elektr maydon kuchlanganligi uchun superpozitciya printcipi o’rinli ekanligini tushuntiring.
2. Elektr maydoonining kuch chizig’iga joylaytirilgan kichik musbat sinovshi zarydni ko’raylik (masalan, 1-rasmdagi P nuqtada). Sinovshi zarydning

tezligi va tezlanishi shu chiziq bo'ylab yo'nalgan bo'ladimi? Batafsil javob bering.

3. Elektr maydoonining kuch chiziqllarini xossalarini ayting.
4. Elektr maydoonining kuch chiziqllari kesishmaydilar. Nima uchun?
5. Bir jinsli va bir jinsli bo'lmagan elektr maydonlariga misollar keltiring.

Muhokama uchun savollar:

1. Tabiatda kanday maydonlar mavjud? Elektr maydoni ulardan kanday fark kiladi?
2. Elektr maydon kuchlanganligi kanday tushuntiriladi?
3. Elektr maydonlar kuchlanganliklarini qo'shish- superpozitsiya printsipi qanday tushuntiriladi?
4. Elektr dipoli va uning momenti kanday tushuntiriladi?
5. Elektr maydon induktsiya vektor iva uning okimi kanday tushuntiriladi?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

3-maruza. Elektr maydon kuchlanganligini superpozitsiya printsipidan foydalanib hisoblash. Elektr maydonni grafik ravishda tasvirlash. Kuch chiziqlari. Elektrostatik maydon induktsiya vektori va uning oqimi. Elektr maydonini hisoblash. Ostragradskiy-Gauss teoremasi Elektr dipoli.

Reja:

1. Elektr siljish vektori va oqimi.
2. Ostrogradskiy-Gauss teoremasi.
3. Ostrogradskiy-Gauss teoremasining tatbiqi. Ostrogradkiy-Gauss teoremasi yordamida elektr maydon kuchlanganligini hisoblashning xususiy xollari:

a) Bir tekis zaryadlangan cheksiz tekislik maydoni.

b) Tekis zaryadlangan sferik sirtmaydoni.

v) Tekis zaryadlangan cheksiz tsilindr maydoni.

4. Puasson tenglamasi

Mavzuga oid tanyach so'z va iboralar:

Siljish vektori, siljish vektorining oqimi, berk sirt, zaryadlangan tekislik, zaryadlangan shar va sferik sirt, zaryadlangan tsilindr.

1. Ostrogradskiy-Gauss teoremasi

Bu teoremani o'tishdan avval ba'zi tushunchalarni eslatib o'tamiz.

a) Zaryadning sirt znchligi.

Jismga elektr zaryad berilganda yuza birligiga to'g'ri kelgan elektr miqdori bilan o'lchanadigan kattalik zaryadlarning sirt zichligi deyiladi. Zaryadning sirt zichligini σ orqali belgilaymiz.

S yuzada q zaryad tekis taqsimlangan bo'lsa,

$$\sigma = \frac{q}{S} \qquad (1.14)$$

bo'ladi. Sirtning shakliga qarab, sirt egriligi turlicha bo'lgan joylarda elektr zaryadning sirt zichligi ham turlicha bo'ladi.

Zaryad sirt bo'yicha tekis taqsimlanmagan holda sirtni juda mayda sirt elementlariga bo'lib chiqaylik. U vaqtda har bir yuza elementida elektr zaryadni tekis taqsimlangan deb qarash mumkin. Bu erda yuza elementi ΔS ga Δq elektr zaryad to'g'ri kelsa, zaryadning o'rtacha sirt zichligi

$$\langle\sigma\rangle = \frac{\Delta q}{\Delta S}$$

bo'ladi.

Zaryad sirt zichligining sirt elementiga tegishli biror nuqtadagi haqiqiy qiymatini bilish uchun sirt elementi ΔS ni chegaralovchi yopiq muhitni shu nuqta bilan tutashib ketguncha cheksiz kichraytirishimiz kerak:u vaqtda ΔS ga moc kelgan zaryad Δq ham cheksiz kichraya boradi.

SHunday qilib, mana shu cheksiz kichrayib borayotgan ikki kattaliklar nisbatining limiti nuqtadagi zaryad sirt zichligini ifodalaydi:

$$\sigma = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta S} = \frac{dq}{dS} \qquad (1.15)$$

b) elektr zaryadlarning hajm bo'yicha taqsimlanishi.

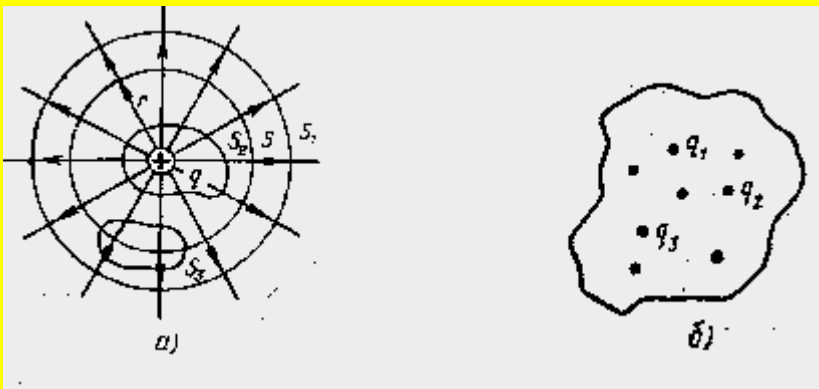
Jismning (V) hajm birligiga, to'g'ri kelgan elektr zaryad (q) miqdori bilan

o'lchanadigan kattalikka elektr zaryadning hajmiy zichligi deyiladi. Elektr zaryadining hajmiy zichligini ρ orqali belgilaylik.

Xuddi shu kabi, uzunlik birligiga to'g'ri kelgan elektr zaryad miqdori bilan o'lchanadigan kattalikka elektr zaryadning chiziqli zichligi deyiladi. Odatda, zaryadning chiziqli zichligi η orqali belgilanadi. YUqoridagi mulohazalardan foydalanib, tubandagilarni yozish mumkin:

$$\rho = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{dq}{dV} \qquad \text{va} \qquad \sigma = \lim_{\Delta l \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta l} = \frac{dq}{dl} \tag{1.16}$$

Bu erda dV va dl—moc ravishda olingan hajm va uzunlik elementlari.



14-расм.

Ostrogradskiy - Gauss teoremasi

1. Xususiy holda q zaryadni o'rab olgan yopiq sirt orqali o'tuvchi maydon kuchlanganlik oqimini qarab chiqaylik. Buning uchun q nuqtaviy zaryadni vakuumda radiusi r bo'lgan sfera markaziga o'rnatsak (14-a rasm), sferaning hamma erida maydon kuchlanganligi $E = \frac{q}{4\pi r^2 \varepsilon_0}$ bo'ladi va radial yo'nalishda bo'lib, nuqta q zaryaddan tarqalgan kuchlanganlik kuch chiziqlarining uni o'rab olgan yuzadan o'tayotgan qiymati kuchlanganlik oqimini ifodalaydi. Yopiq kontur ichida olingan zaryadlarning elektr maydon kuchlanganlik oqimi, kontur shakliga bog'liq bo'lmay, zaryadlarning algebraik yig'indisiga teng, ya'ni:

$$N_E = \oint E_n dS \tag{1.17}$$

Bu tenglamani integrallaganda

$$N_E = \oint E_n dS = E_n dS = \frac{q}{4\pi r^2 \varepsilon_0} 4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0} \tag{1.18}$$

Muhit uchun esa

$$N_E = \frac{q}{\varepsilon \varepsilon_0} \tag{1.18a}$$

bo'ladi.

q zaryadni o'rab olgan yopiq sirt istalgan shaklda bo'lsa ham, 14-a rasmdagi S_1, S_2, S sirtlardan o'tuvchi kuchlanganlik oqimi N_E o'zgarmaydi va hamma vaqt $q/\varepsilon\varepsilon_0$ ga teng bo'ladi.

Agar olingan sirt ichida zaryad bo'lmasa u sirtni kesib o'tuvchi kuchlanganlik oqimi nolga teng bo'ladi. Chunki, nechta kuch chiziq kirsa, shuncha kuch chiziq chiqadi. Demak, S_3 sirtga kiruvchi kuchlanganlik oqimi bilan chO'quvchi

kuchlanganlik oqimi o'zaro teng bo'lib umumiy oqim nolga teng.

Agar, yopiq sirt ichida bir nechta $q_1, q_2, q_3, \ldots$ nuqtaviy zaryadlar bo'lsa (14-b rasm), u vaqtda har bir zaryad uchun kuchlanganlik oqimi

$$N_1 = \frac{q_1}{\varepsilon_0}, \quad N_2 = \frac{q_2}{\varepsilon_0}, \quad N_3 = \frac{q_3}{\varepsilon_0}, \ldots, \quad N_n = \frac{q_n}{\varepsilon_0}$$

bo'lib, to'la oqim esa

$$N_E = N_1 + N_2 + N_3 + \ldots + N_n \tag{1.19}$$

yoki

$$N_E = \sum_{i=1}^{n} N_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon_0} \tag{1.20}$$

bo'ladi. bu erda q — zaryadlarning algebraik yig'indisi. SHu topilgan natijalar qanday zaryad va zaryadlar sistemasi uchun to'g'ridir. CHunki har qanday zaryadni juda ko'p mayda qismlarga ajratib, ularga nisbatan yuqoridagi mulohazalarni yuritish mumkin.

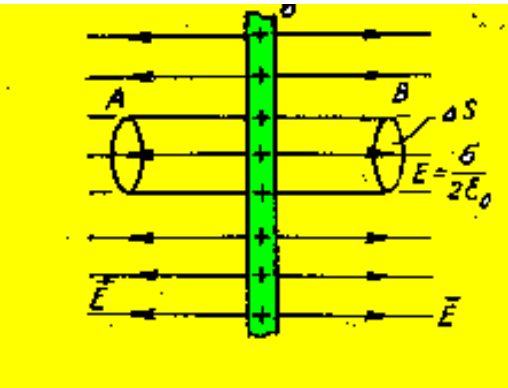
Agar yopiq sirt ichidagi zaryadlarning algebraik yig'indisi musbat bo'lsa, bu vaqtda kuchlanganlik oqimi tashqariga yo'nalgan bo'lib, musbat ishora, agar manfiy bo'lsa, kuchlanganlik oqimi ichkariga yo'nalgan bo'lib, manfiy ishora bilan olinadi.

Agar zaryadlar yopiq sirtning tashqarisida bo'lsa, kuchlanganlik chiziqlari bu sirtni turli joylarda kesib o'tiщlari mumkin. Lekin kuch chiziqlarning har biri sirtga bir tomondan kirib, ikkinchi tomondan chiqadi. CHiziq kirganda manfiy oqim berib, chiqqanda esa musbat oqim berganligi uchun barcha tashqi zaryadlarning shu yopiq sirt orqali berayotgan umumiy kuchlanganlik oqimi nolga barobar bo'ladi.

2. Ostrogradskiy-Gauss teoremasining tatbiqi

a) Zaryadlangan yassi cheksiz tekislikning elektr maydoni.

Ostrogradskiy Gauss teoremasidan foydalanib, zaryad sirt zichligi σ bilan zaryadlangan yassi tekislik atrofidagi elektr maydon kuchlanganligini hisoblaylik.



15- расм.

Bunday tekislikning hamma joyida zaryad sirt zichligi (σ) bir xil qiymatga ega bo'lib, kuch chiziqlari shu tekislikka tik va ikki qarama-qarshi tomonga chiqqan bo'ladi. Masalan, 15- rasmda musbat zaryadlangan tekislik maydoni kuch chizig'ining yo'nalishi ko'rsatilgan.

Elektr maydon kuchlanganligini hisoblash uchun tekislikdan bir xil uzoqlikdagi A va V nuqtalardan o'tgan kuch chiziqlariga tik olingan konturli ΔS yuza o'tkazamiz, bunda bu ikki aylana orasida ΔS asosli silindr hosil bo'ladi. 15- rasmda asosi ΔS bo'lgan silindrning yon devorlari orqali o'tgan kuchlanganlik oqimi nolh bo'lib (chunki kuch chiziqlari yon sirtiga parallel va sirtni kesmaydi), hamma oqim silindr asoslaridan o'tadi, ΔS lar kuch chiziqlarga tik bo'lgani uchun har ikki tomonda ham oqimlar musbat bo'lib, umumiy oqim:

$$N_E = N_1 + N_2 = E \cdot 2\Delta S$$

(1.21)

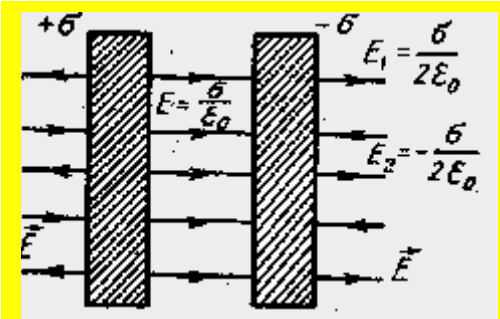
Ostrogradskiy — Gauss teoremasidan maydon kuchlanganligi oqimi muhit uchun

$$N_E = \frac{q}{\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{\sigma \Delta S}{\varepsilon_0 \varepsilon} \qquad (1.21a)$$

bo'lgani uchun, (1.21) bilan (1.21 a) ni taqqoslasak,

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0 \varepsilon} \qquad (1.22)$$

ni olamiz.

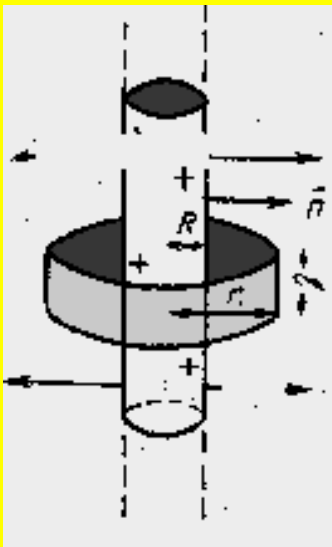


16-расм.

Demak, zaryadlangan tekislik elektr maydon kuchlanganligi o'ng va chap tomonlarda bir xil bo'lib, A va V nuqtalarning uzoqligiga bog'liq bo'lmay, faqat zaryadning sirt zichligiga bog'liq.

O'zaro parallel va qarama-qarshi ishorali elektr bilan zaryadlangan ikki yassi tekislik berilgan bo'lsa, bunda ular orasida har ikkalasining elektr kuch chiziqlari bir tomonga yo'nalgan bo'lib (16-rasm), maydon kuchlanganligi ularning yig'indisiga teng:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0 \varepsilon} + \frac{\sigma}{2\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} \qquad (1.23)$$



17-расм.

Lekin tekisliklardan tashqaridagi o'ng va chap tomonlarda elektr kuch chiziqlari qarama-qarshi yo'nalishda bo'lganligidan $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0 \varepsilon} + \left(-\frac{\sigma}{2\varepsilon_0 \varepsilon}\right) = 0$, demak, qarama-qarshi ishoali zaryadlangan ikki tekislik atrofida elektr maydon bo'lmaydi.

b) Zaryadlangan silindrning elektr maydoni. Uzunligi cheksiz bo'lgan va izolyasiyalangan R radiusli silindrda zaryad tekis taqsimlangan, deb hisoblaylik. Elektr kuch chiziqlari esa silindr o'qiga nisbatan radial ravishda yo'nalgan bo'ladi. SHuning uchun $\vec{E}$ vektorlari hamma erda silindr sirtining istalgan nuqtasiga tushirilgan normal $\vec{n}$ ga parallel bo'lib, silindrning hamma nuqtasida

E = const

bo'ladi.

Uzunligi l, ko'ndalang kesimi r radiusli tashqi silindr qismini olsak, uning tubi va usti orqali o'tadigan kuchlanganlik oqimi nolga teng bo'ladi, chunki vektor $\vec{E}$ tub va ust normaliga tik, shuning uchun sirtdan o'tadigan kuchlanganlik oqimi

$$N_E = \int E_n dS = 0$$

(1.24)

bo'ladi.

Zaryadlangan silindrning l uzunlikdagi yon sirtida $q = 2\pi R l \sigma$ elektr miqdori bor, bunda R zaryadlangan silindrning radiusi (17-rasm).

Ostrogradskiy—Gauss teoremasi bo'yicha kuchlanganlik oqimi

$$N_E = \frac{q}{\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{2\pi R l \sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} \qquad E = \frac{N_E}{S} = \frac{2\pi R l \sigma}{2\pi r l \varepsilon_0 \varepsilon}$$

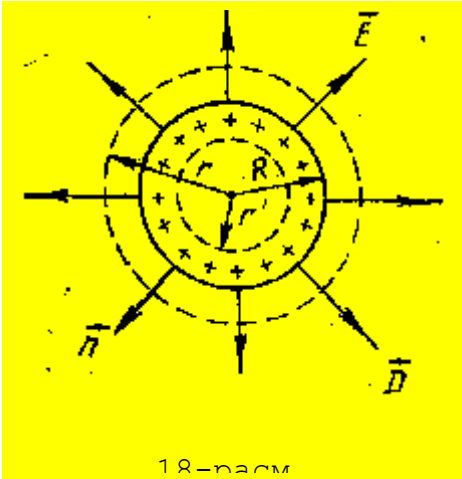
bundan

$$E = \frac{R\sigma}{r\varepsilon_0 \varepsilon} \tag{1.25}$$

bo'ladi.

Demak, yuqoridagi shartga muvofiq zaryadlangan silindrning elektr maydon kuchlanganligi bu silindr o'qidan berilgan nuqtagacha bo'lgan oraliq r ga teskari proporsional bo'lar ekan.

v) Zaryadlangan sfera - sharning elektr maydoni. Agar sharning sirtida q zaryad tekis taqsimlangan bo'lsa, zaryadning sirt zachligini σ bilan belgilab, biz quyidagi ifodani yoza olamiz:



18-rasm

$$q = 4\pi R^2 \sigma \tag{1.26}$$

bunda R—shar radiusi. Endi bu sharni radiusi r bo'lgan ikkinchi konsentrik shar sirti bilan o'raylik (18-rasm), bu vaqtda shu sirt orqali o'tgan to'la maydon kuchlanganlik oqimi

$$N_E = \oint E_n dS = 4\pi R^2 E$$

bo'ladi, chunki $\vec{E}$ va $\vec{n}$ o'zaro parallel. Ikkinchi tomondan Ostrogradskiy—Gauss teoremasiga ko'ra kuchlanganlik oqimi

$$N_E = \frac{q}{\varepsilon_0 \varepsilon}$$

va

$$N_E = 4\pi r^2 E$$

bundan:

$$E = \frac{q}{4\pi r^2 \varepsilon_0 \varepsilon} \tag{1.27}$$

Bu formulalar zaryadlangan sharning markazidan r masofada bo'lgan maydon kuchlanganligini beradi.

3. Puasson tenglamasi

(1.17) formula shaklidagi Ostrogradskiy—Gauss teoremasi elektr siljish qiymatini biror yopiq sirt bilan chegaralangan hajm ichida turgan zaryad kattaligi bilan bog'laydi, ya'ni maydonning turli nuqtalariga tegishli bo'lgan kattaliklarni bog'laydi. Bu teoremaga shunday shakl ham berish mumkinki, unga maydonning faqat bitta nuqtasiga tegishli bo'lgan kattaliklar kirsin. Buning uchun teoremani cheksiz kichik hajmga tatbiq qilish lozim.

To'g'ri burchakli koordinatalar sistemasi X, Y, Z ni kiritamiz va biror $a(x, y, z)$ nuqtada elektr siljishni $\boldsymbol{D}(D_x, D_y, D_z)$ orqali belgilaymiz. Uchi a nuqtada va yoqlari dx, dy, dz koordinata o'qlariga parallel bo'lgan cheksiz

kichik to'g'ri burchakli parallelepiped (18-rasm)ni qarab chiqamiz va uning sirti orqali siljish oqimini hisoblaymiz. a dan o'tadigan $dy\,dz$ yoqlar (18-rasmda u shtrixlab ko'rsatilgan) orqali oqim

$$-D_x\,dy\,dz$$

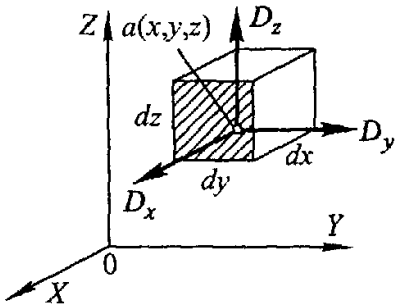
bo'ladi, bunda $dy\,dz$ tashqi normalь va D_x ning musbat yo'nalishi $\alpha=\pi$ ($\cos\alpha=-1$) burchak tashkil qilgani uchun minus ishora qo'yilgan, X o'q bo'yicha dx ga siljigan parallel qirrasi (u ham shtrixlangan) orqali oqim $\left(D_x+\frac{\partial D_x}{\partial x}dx\right)dydz$ dan iborat. SHuning uchun bu ikki qirra orqali oqim

$$\left(D_x+\frac{\partial D_x}{\partial x}dx\right)dydz-D_x dydz=\frac{\partial D_x}{\partial x}d\tau$$

bo'ladi, bunda $d\tau=dxdydz$ – parallelepipedning hajmi.

Xuddi shu tarzda boshqa ikki juft qirralari orqali oqimni hisoblab va ularni qo'shib, parallelepipedning sirti orqali to'liq oqimni olamiz:

$$\left(\frac{\partial D_x}{\partial x}+\frac{\partial D_y}{\partial y}+\frac{\partial D_z}{\partial z}\right)d\tau.$$



18-rasm. Ostrogradskiy-Gauss teoremasini differentsial shaklda keltirib chiqarishga doir

Agar qaralayotgan fazoda hajm bo'yicha $\rho=\rho(x,y,z)$ hajmiy zichlikda taqsimlangan zaryad mavjud bo'lsa, u holda parallelepiped hajmidagi zaryad miqdori $\rho d\tau$ ga teng bo'ladi. Buni (13.5) ga muvofiq parallelepiped sirti orqali o'tuvchi to'la oqim qiymatiga tenglab, quyidagini olamiz:

$$\frac{\partial D_x}{\partial x}+\frac{\partial D_y}{\partial y}+\frac{\partial D_z}{\partial z}=\rho. \qquad (14.1)$$

Ostrogradskiy—Gauss teoremasini differentsial shaklda ifodalovchi bu munosabatni *Puasson tenglamasi* deb yuritiladi.

Vektor analizida yopiq sirt S orqali biror oqim vektori $\boldsymbol{A}$ ning shu S sirt bilan chegaralangan hajm kattaligi τ ga nisbatining $\tau\to 0$ dagi limiti (agar bu limit mavjud bo'lsa) S sirtning shakliga bog'liq bo'lmaydi. Bu nisbatning limiti $\boldsymbol{A}$ vektorning *tarkalishi* yoki *divergentsiyasi* deb ataladi va maxsus simvol $\mathrm{div}\boldsymbol{A}$ bilan belgilanadi. SHunday qilib, ta'rifga ko'ra

$$\mathrm{div}\boldsymbol{A}=\lim_{\tau\to 0}\frac{\int_S A_n dS}{\tau}.$$

Oqim vektori va hajm skalyar kattaliklar bo'lgani uchun vektorning divergentsiyasi ham skalyardir.

Bu tushunchadan foydalanib, Puasson tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\mathrm{div}\boldsymbol{D}=\rho.$$

Agar $\boldsymbol{D}$ vektorning tashkil etuvchilari biror koordinatalar sistemasida shu koordinatalarning funktsiyasi ko'rinishida berilgan bo'lsa, u holda har doim har bir nuqtada div$\boldsymbol{D}$ ning qiymatini hisoblash mumkin. Masalan, agar to'g'ri burchakli Dekart koordinatalaridan foydalansak,

$$\mathrm{div}\boldsymbol{D} = \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z}$$

bo'lishini yuqorida ko'rgan edik.

Nazorat savollari

6. Gauss teoremasidagi elektr maydon kuchlanganligi **E** ni faqat Q zaryad hosil qiladimi?
7. Agar elektr maydon kuchlanganligi vektorining yopiq sirt orqali oqimi nolga teng bo'lsa, bu elektr maydon kuchlanganligi sirtninig hamma nuqtalarida nolga teng bo'lishini bildiradimi? Aksinchasi to'g'rimi: agar sirtninig hamma nuqtalarida **E** = 0 bo'lsa, sirt orqali oqim ham nolga teng bo'ladimi?
8. Nuqtaviy zaryad r radiusli integrgallash sirti bilan o'ralgan. Agar sferani tomoni r/2 bo'lgan kub bilan almashtirilsa **Φ(**elektr maydon kuchlanganligi vektorining yopiq sirt orqali oqimi**)** ning qiymati ozgaradimi?
9. Elektr dipolni o'ragan sirt orqali o'tuvchi elektr maydon kuchlanganligi vektorining oqimi haqida nima deya olasiz?
10. Gauss teoremasini dipolning elektr maydonini aniqlashuchun qo'llash mumkinmi?
11. Nuqtaviy zaryad q ni zaryadsiz metal qobiqning ichiga joylangan. Tashqariga joylangan Q zaryadga elektrik kuch ta'sir etadimi?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya",

nashriyoti, 2007.

4-maruza. Elektrostatik maydondagi zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish. Potentsiallar farqi. Maydon kuchlanganligi bilan potentsial orasidagi bog'lanish

Reja:

1.Bir jinsli elektrostatik maydonda zaryalarni kuchirishda bajarilgan ish.
2.Potentsial. Potentsiallar farqi. Potentsial gradienti.
3.Potentsiallar farqini hisoblashning xususiy hollari.

Mavzuga oid tayanch so'z va iboralar:

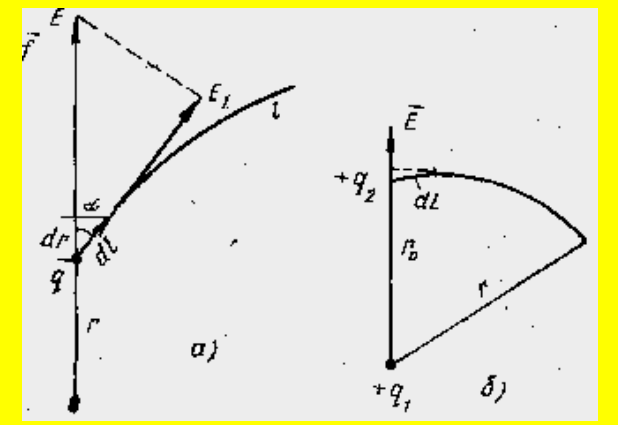
Bir jinsli maydon, zaryadni ko'chirish chizigi, maydon kuchlari, potentsial, elektr kuchlanish, ekvipotensial sirtlar, potentsiallar farqi, potentsial gradienti.

1.Bir jinsli elektrostatik maydonda zaryalarni kuchirishda bajarilgan ish.

Avval zaryadning elektr maydonda ko'chish ishini hisoblab, so'ng uning potensiali bilan tanishamiz.

Biror zaryad atrofida r uzoqlikda bo'lgan elektr maydondagi q zaryadga $(\vec{f} \wedge dl) = \alpha$ burchak ostida ta'sir etuvchi f kuch uni dl masofaga ko'chirib (19- a rasm) dA=fdlcosα ishni bajaradi, bunda $f = qE$ ekanligi hisobga olinsa,

dA=qEd cos α



19-расм.

q_1 atrofida r uzoqlikda bo'lgan q_2 zaryad dl ga (19-6 rasm) ko'chib, dlcosα= dr. Kulon qonuniga asosan $f = \frac{q_1 q_2}{\varepsilon_0 \varepsilon r^2 4\pi}$ bo'lgani uchun ish esa $dA = \frac{q_1 q_2}{\varepsilon_0 \varepsilon r^2 4\pi} \cdot \frac{dr}{r^2}$ bo'ladi, ε-muhitning dielektrik singdiruvchanligi. Umumiy ishni hisoblash uchun bu elementar ishni integrallasak,

$$A = \int dA = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \int \frac{dr}{r^2} \qquad (1.28)$$

Bu integralni zaryadni r_0 dan r masofagacha ko'chirishga tadbiq etsak, bajarilgan ish

$$A = \left(\frac{q_1 q_2}{\varepsilon r_0} - \frac{q_1 q_2}{\varepsilon r} \right) \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon} \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right) \qquad (1.28)$$

bo'ladi.

q_2 zaryad r_0 dan cheksizlik(∞) ga ko'chsa, $\frac{1}{r} \to 0$ bo'lib, $A_0 = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon r_0}$ bo'ladi. Bu A_0 ish q_1 zaryaddan r_0 masofadagi q_2 zaryadni cheksizlikka ko'chishida bajara olishi mumkin bo'lgan ish miqdori bo'lib, maydonning r_0 masofada bo'lgan nuqtadagi potensial energiyasi W_0 ni ifodalaydi, ya'ni $A_0 = W_0$, shuningdek r masofada A=W.

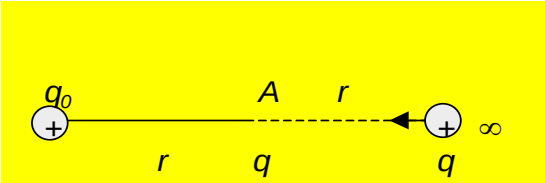
Agar q zaryad r_0 masofadan r masofaga ko'chsa, bu $r-r_0$ masofada bajargan ish potensial energiya kamayishiga teng bo'ladi. Umuman $r \to \infty$ bo'lganda $W = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon r}$ bo'lgani uchun

$$W = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon r_0} \qquad (1.30)$$

deb yozsak bo'ladi.

2.Potentsial. Potentsiallar farqi. Potentsial gradienti.

CHeksizlikdan q_0 zaryad maydonining biror r nuktasiga q zaryadni keltirishda (20-rasm) bajarilgan ish $A_{\infty к}$ bo'lsa, zaryad birligiga to'g'ri kelgan ish miqdori $\frac{A_{\infty.r}}{q}$ bo'lib, bu nisbat keltirilgan zaryad miqdoriga bog'liq bo'lmay, maydonning shu r nuqtasi uchun doimiy bo'ladi. Agar keltirilgan zaryad miqdori p marta ko'p bo'lsa, ish ham p marta katta bo'lib, $\frac{A_{\infty.r}}{q}$ nisbat ilgarigi bitta qiymatga ega bo'ladi. SHu nuqtaga q_1, q_2, q_3 zaryadlar kelishida A_1, A_2, A_3 ishlar bajarilsa ham $\frac{A_1}{q_1} = \frac{A_2}{q_2} = \frac{A_3}{q_3} = ... = \frac{A}{q}$ doimiy (konstanta) bo'ladi. Bu $\frac{A}{q}$ qiymat maydonni xarakterlash uchun kattalik sifatida «potensial» deb qabul qilingan:



20-расм.

$$\frac{A}{q} = \varphi \qquad (1.31)$$

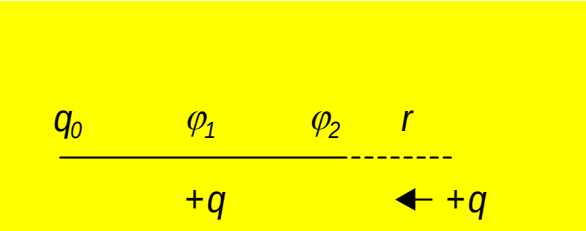
Birlik musbat zaryadni cheksizlikdan maydonning biror nuqtasi (r) ga keltirishda bajarilgan $\frac{A}{q}$ ish miqdori bilan o'lchanib, maydonni xarakterlovchi kattalikka shu nuqtaning potensiali, deb olingan. SIda potensialning o'lchov birligi qilib «volht» qabul qilingan. / Kl zaryadni cheksizlikdan elektr maydonning biror nuqtasiga ko'chirishda 1 J ish bajsarilsa, shu nuqtadagi potensial qiymati 1 volht deyiladi:

$$\varphi = \frac{A}{q}$$

bundan

$$\varphi = \frac{1\,J}{1\,Kl}$$

Ishni hisoblashda $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$ formuladan foydalanamiz (21-rasm). Amalda biz potensialning absolyut qiymati bilan emas, ish va energiyani hisoblashda potensial ayirmasini kuchlanshsh nomi bilan $(\varphi_1 - \varphi_2) = U$ ni qo'llaymiz.

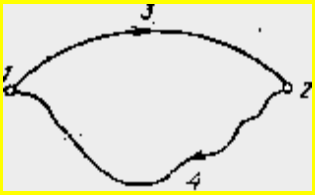


21-расм.

(1.29) formuladan ko'rinadiki, maydonning bajargan ishi yo'lning shakliga bog'liq bo'lmay, faqat boshlang'ich va oxirgi holatga bog'liq holda bitta qiymatga ega bo'ladi. SHunday shartni qondiruvchi maydonlar potensial maydonlar deyiladi. SHunday qilib, nuqtaviy earyadning elektrostatik maydoni potensial maydon bo'lib hisoblanadi. Agar bitta nuqtaviy zaryad o'rnida bir nechta harakatsiz nuqtaviy zaryadlar sistemasi bo'lganda, vakuum yoki biror muhitda, superpozisiya prinsipi asosida zaryadi sistema zaryadiga teng bo'lgan bitta tinch turgan nuqtaviy zaryad bilan olinsa ham bo'ladi, degan xulosa kelib chiqadi. YA'ni ularning umumiy maydoni ham potensial maydondan iborat bo'ladi.

Har qanday maydon (gravitasion, elektrostatik) ning kuchi bajargan ishi yo'lning faqat boshlang'ich va oxirgi holat nuqtasiga bog'liq bo'lib, traektoriya shakliga bog'liq bo'lmaydi. Bunday kuch potensial kuch deb yuritiladi.

Agar elektrostatik maydonda zaryad biror 1 nuqtadan 22-rasmda ko'rsatilgancha 3 nuqta orqali 2 nuqtaga ko'chirilib, keyin u boshqa yo'l 241 orqali qaytib kelsa, har ikkala holda maydon kuchlarining bajargan ishlari bir xil bo'ladi $A_{132} = A_{241}$. Borishda bajarilgan ish musbat deb olinsa, q qaytishda manfiy bo'ladi. $A_{132} = -A_{241}$ shuning uchun berk yo'l 13241 bo'yicha bajarilgan ish nolga teng:



22-расм.

$$A_{132} - A_{241} = A_{13241} = 0$$

Agar yagona zaryad egri chiziq bo'ylab ko'chirilganda, bajarilgan ish uchun egri chiziqli integral $A = \oint F dl \cos\alpha$ olishga to'g'ri keladi, berk kontur uchun kuchlanganlik vektor $\oint qEdl = 0$ yoki zaryad doimiy bo'lganda

$$\oint Edl = 0 \qquad (1.32)$$

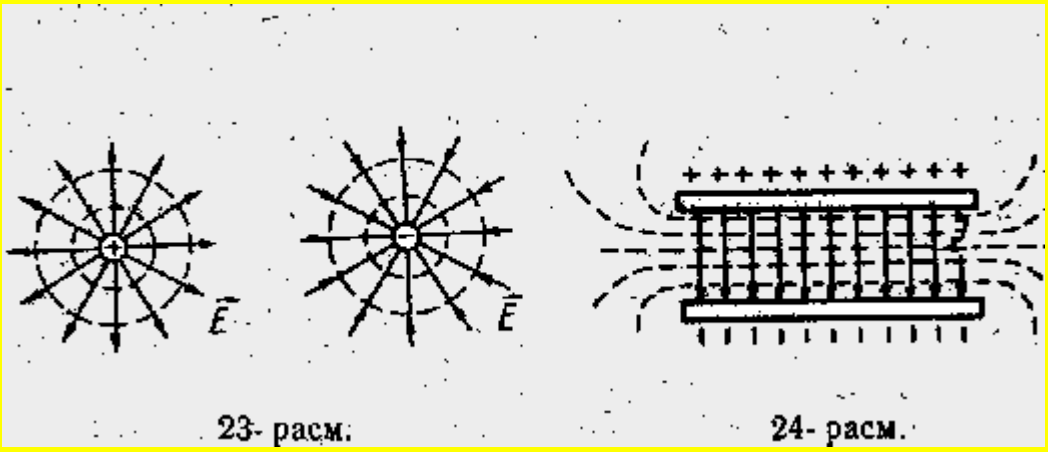
maydon kuchlanganligining sirkulyasiyasi (aylanishi) nolh bo'ladi. (1.32) tenglama elektrostatikaning asosiy tenglamalaridan bo'lib hisoblanadi.

3.Potentsiallar farqini hisoblashning xususiy hollari. Ekvipotensial sirtlar. Potensial gradienti

Nuqtaviy zaryadning maydon kuchlanganlik vektori va potensialini yozaylik:

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^3}\vec{r} \qquad \text{va} \qquad \varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r}$$

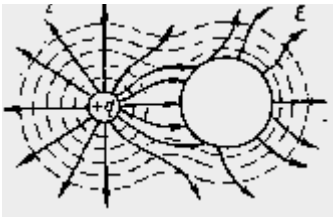
Bulardan ko'rinadiki, ma'lum radiusli sferik



23- расм. 24- расм.

sirtning hamma nuqtalarida potensial bir xildir. Elektr kuch chiziqlari esa radiuslar bo'yicha yo'nalgan. Demak, elektr kuch chiziqlari bir xil potensialga ega bo'lgan sirtga tik ravishda yo'nalgan bo'ladi. Elektr kuch chiziqlarini tasvirlovchi maydon kuchlanganligining yo'nalishi potensial kamayib ketayotgan tomonga qaratilgandir. Hamma nuqtalarda potensiallari bir xil bo'lgan sirtlarni ekvipotensial sirtlar deb ataladi.

YOlg'iz olingan musbat va manfiy nuqtaviy zaryadlar maydoni, musbat va manfiy zaryadlangan ikki parallel plastinkaning bir jinsli maydonini tasvirlovchi kuch chiziqlari va ekvipotensial sirtlar 23 va 24-rasmlarda ko'rsatilgan.-Bu rasmlarda ekvipotensial sirtlar punktir chiziqlar bilan tasvirlangan.



25-расм.

Vakuumda yoki izotrop dielektrikda olingan nuqtaviy zaryad uchun markazida shu zaryad joylashgan sferik sirtlar ekvipotensial sirtlar bo'lib xizmat qiladi. Zaryadlangan tekislik (plastinka) uchun unga parallel turgan tekisliklar ekvipotensial sirtlar bo'ladi. Boshqa holatlarda manzara yana ham murakkabroq bo'lishi mumkin (25-rasm).

Bu rasmda musbat zaryadlangan kichik shar maydonida zaryadlanmagan katta shar o'rnatilganda hosil bo'lgan natijaviy maydonni tasvirlovchi ekvipotensial sirtlar va elektr kuch chiziqlari ko'rsatilgan.

Ekvipotensial sirt bo'yicha harakatlanuvchi zaryad xech qanday ish bajarmaydi, chunki sirtning hamma nuqtalarida potensial bir xil bo'lganligi uchun zaryad ko'chishida potensial farqi bo'lmaydi.

Endi potensialning gradienti xaqida to'xtab o'tamiz. Elektr maydonda bir-biriga yaqin ikki nuqtadagi potensiallar ayirmasi dφ bilan kuchlanganlik $\vec{E}$ orasidagi bog'lanishni quyidagi tartibda ko'rsatish mumkin. Birlik musbat zaryad bir nuqtadan unga juda yaqin ikkinchi nuqtaga ko'chishda elektr kuch chiziqlari bo'ylab harakat qiladi. Demak, shu nuqtadan ekvipotensial sirtga tik ravishda dl yo'l o'tadi, bajarilgan elementar ish Edl esa potensial kamayishi—dφ ga teng bo'ladi.

$$Edl = -d\varphi$$

demak,

$$E = -\frac{d\varphi}{dl} \qquad (1.33)$$

Demak, kuchlanganlik ekvipotensial sirtga tik olingan uzunlik birligiga to'g'ri keluvchi potensial tushishiga barobar. Bir jinsli elektr maydonning oralig'i d bo'lgan ikki nuqtasidagi potensiallar φ_1 va φ_2 bo'lsa,

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$$

bo'ladi.

Umuman, hap qanday skalyar kattalikning kamayib ketayotgan tomoniga qaratilgan hosilasini xarakterlovchi vektor shu skalyar kattalikning gradienti deb yuritiladi. SHunday qilib, elektr maydon kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ elektr maydon potensiali φ ning gradienti bo'lib,

$$\vec{E} = -grad\varphi \qquad (1.35)$$

shaklda yoziladi. (1.35) tenglamadan ko'rinadiki, elektr maydon kuchlanganligi maydon potensiali kamayib boruvchi tomonga yo'nalgan ekan.

Muhokama uchun savollar:

1. Bir jinsli elektrostatik maydon va bir jinsli bo'lmagan maydonlarning kanday farqi bor?
2. Elektrstatik maydonda zaryad kuchirishda kanday xodisa yuz beradi?
3. Elektrstatik maydonda bajarilgan ish kachon nimaga teng buladi?
4. Potentsiallar farki deb nimaga aytiladi?
5. Potentsiallar gradienti kanday xollarda yuzaga keladi?
6. Potentsialni xisoblashning kanday xususiy xollari mavjud?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

5-maruza. Potentsiallar gradienti. Elektrostatikaning umumiy masalasi. Nuqtaviy zaryadning, dipolning, ixtiyoriy taqsimlangan zaryadlar sistemasining maydonlari Puasson va Laplas tenglamalari

Reja:

1. Elektr maydonda dipol
2.Dipolning elektr maydoni.
3.Elektrostatikaning umumiy masalasi.

Ostrogradskiy—Gauss teoremasi elektr siljish qiymatini biror yopiq sirt bilan chegaralangan hajm ichida turgan zaryad kattaligi bilan bog'laydi, ya'ni maydonning turli nuqtalariga tegishli bo'lgan kattaliklarni bog'laydi. Bu teoremaga shunday shakl ham berish mumkinki, unga maydonning faqat bitta nuqtasiga tegishli bo'lgan kattaliklar kirsin. Buning uchun teoremani cheksiz kichik hajmga tatbiq qilish lozim.

To'g'ri burchakli koordinatalar sistemasi X, Y, Z ni kiritamiz va biror $a(x,y,z)$ nuqtada elektr siljishni $\boldsymbol{D}(D_x, D_y, D_z)$ orqali belgilaymiz. Uchi a nuqtada va yoqlari dx, dy, dz koordinata o'qlariga parallel bo'lgan cheksiz kichik to'g'ri burchakli parallelepiped (18-rasm)ni qarab chiqamiz va uning sirti orqali siljish oqimini hisoblaymiz. a dan o'tadigan $dy\ dz$ yoqlar (18-rasmda u shtrixlab ko'rsatilgan) orqali oqim $-D_x\, dy\, dz$ bo'ladi, bunda $dy\ dz$ tashqi normalь va D_x ning musbat yo'nalishi $\alpha = \pi$ ($\cos\alpha = -1$) burchak tashkil qilgani uchun minus ishora qo'yilgan, X o'q bo'yicha dx ga siljigan parallel qirrasi (u ham shtrixlangan) orqali oqim $\left(D_x + \frac{\partial D_x}{\partial x} dx\right) dydz$ dan iborat. Shuning uchun bu ikki qirra orqali oqim

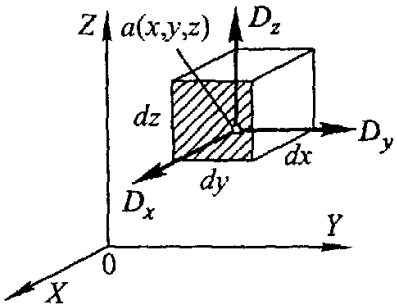
$$\left(D_x + \frac{\partial D_x}{\partial x} dx\right) dydz - D_x dydz = \frac{\partial D_x}{\partial x} d\tau$$

bo'ladi, bunda $d\tau = dxdydz$ – parallelepipedning hajmi.

Xuddi shu tarzda boshqa ikki juft qirralari orqali oqimni hisoblab va ularni qo'shib, parallelepipedning sirti orqali to'liq oqimni olamiz:

$$\left(\frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z}\right) d\tau.$$

Agar qaralayotgan fazoda hajm bo'yicha $\rho = \rho(x,y,z)$ hajmiy zichlikda taqsimlangan zaryad



18-расм. Остроградский-Гаусс теоремасини дифференциал шаклда келтириб чиқаришга доир

mavjud bo'lsa, u holda parallelepiped hajmidagi zaryad miqdori $\rho d\tau$ ga teng bo'ladi. Buni (13.5) ga muvofiq parallelepiped sirti orqali o'tuvchi to'la oqim qiymatiga tenglab, quyidagini olamiz:

$$\frac{\partial D_x}{\partial x}+\frac{\partial D_y}{\partial y}+\frac{\partial D_z}{\partial z}=\rho. \qquad (14.1)$$

Ostrogradskiy—Gauss teoremasini differentsial shaklda ifodalovchi bu munosabatni Puasson tenglamasi deb yuritiladi.

Vektor analizida yopiq sirt S orqali biror oqim vektori ***A***ning shu S sirt bilan chegaralangan hajm kattaligi τ ga nisbatining $\tau \to 0$ dagi limiti (agar bu limit mavjud bo'lsa) S sirtning shakliga bog'liq bo'lmaydi. Bu nisbatning limiti ***A***vektorning tarkalishi yoki divergentsiyasi deb ataladi va maxsus simvol $\mathrm{div}\boldsymbol{A}$ bilan belgilanadi. SHunday qilib, ta'rifga ko'ra

$$\mathrm{div}\boldsymbol{A}=\lim_{\tau\to 0}\frac{\int_S A_n dS}{\tau}.$$

Oqim vektori vahajm skalyar kattaliklar bo'lgani uchun vektorning divergentsiyasi ham skalyardir.

Bu tushunchadan foydalanib, Puasson tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\mathrm{div}\boldsymbol{D}=\rho.$$

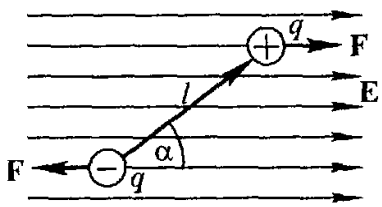
Agar $\boldsymbol{D}$ vektorning tashkil etuvchilari biror koordinatalar sistemasida shukoordinatalarning funktsiyasi ko'rinishida berilgan bo'lsa, uholda har doim har bir nuqtada $\mathrm{div}\boldsymbol{D}$ ning qiymatini hisoblash mumkin. Masalan, agar to'g'ri burchakli Dekart koordinatalaridan foydalansak,

$$\mathrm{div}\boldsymbol{D}=\frac{\partial D_x}{\partial x}+\frac{\partial D_y}{\partial y}+\frac{\partial D_z}{\partial z}$$

bo'lishini yuqorida ko'rgan edik.

Elektr maydonda dipol

O'zaro qattiq (bikr) bog'langan va bir-biridan l masofada joylashgan, kattaligi $+q$ va $-q$ bo'lgan ikkita nuqtaviy zaryadni qarab chiqamiz. Ikkala zaryadning siljishini $\boldsymbol{l}$ vektor bilan xarakterlaymiz. Bu vektor manfiy zaryaddan musbatga yo'nalgan. Bunday juft zaryadlarni qo'sh elektr qutb yoki elektr dipolь deb ataladi.



19-расм. Бир жинсли майдондаги диполь

Elektr dipollar bilan tez-tez ish ko'rishga to'g'ri keladi. Elektr maydondagi uncha katta bo'lmagan o'tkazuvchi jismni taqriban dipolь deb qarash mumkin, chunki uning uchlarida kattaliklari bo'yicha bir xil va ishoralari turlicha bo'lgan induktsion zaryadlar hosil bo'ladi. Xuddi shunday zaryadlar dielektriklarda ham hosil bo'lishini va shuning uchun elektr maydondagi uncha katta bo'lmagan dielektrik jpsmni ham dipolь kabi qarash mumkinligini V bobda ko'ramiz. Nihoyat, ko'pgina molekulalar markazlari bir-biriga nisbatan siljigan musbat va manfiy ionlardan

tuzilgan. Bunday molekulalarni ko'pgina hollarda elektr dipollar deb hisoblash mumkin.

Elektr maydonda dipolga ta'sir qiluvchi kuchni topamiz, shu bilan birga dastlab maydonni bir jinsli deb hisoblaymiz (19-rasm). Dipolning uchlariga kattaligi $F = qE$ bo'lgan kuchlar ta'sir qiladi, bunda Ye— maydon kuchlanganligi. Bu kuchlar qarama-qarshi yo'nalgan va juft kuchni hosil qiladi. Bu juftning momenti

$$M = qEl\sin\alpha$$

ga teng, bunda α – vektor $\boldsymbol{l}$ va maydon kuchlanganligi Yeorasidagi burchak.

Juft kuch momenti kattaligi zaryad q ning dipolь uzunligi $\boldsymbol{l}$ ga ko'paytmasiga tengligini ko'ramiz. Bu ko'paytmani dipol momenti deyiladi. Dipol momenti $\boldsymbol{p}$ vektor kattalik bo'lib,

$$\boldsymbol{p} = q\boldsymbol{l} \tag{15.1}$$

ga teng. U ham xuddi $\boldsymbol{l}$ kabi manfiy zaryaddan musbatga tomon yo'nalgan. Elektr dipolь momentining o'lchov birligi kulon-metr (Kl-m).

Dipolь momenti tushunchasidan foydalanib, dipolga ta'sir qilayotgan juft kuchlar momentini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$M = pE\sin(\boldsymbol{p},\boldsymbol{E}). \tag{15.2}$$

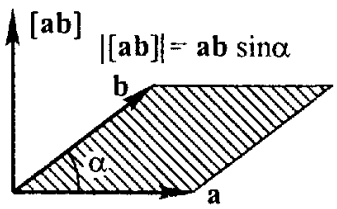
Bu juft momentning yo'nalishi dipolning aylanish o'qi bilan mos tushadi, ya'ni $\boldsymbol{p}$ va $\boldsymbol{E}$ ga perpendikulyar.

Agar vektorlar algebrasidagi belgilashlardan foydalansak, u holda juft kuch momenti kattaligi va yo'nalishini bitta formula bilan ifodalash mumkin. Ma'lumki, $\boldsymbol{a}$ va $\boldsymbol{b}$ vektorlarning vektor ko'paytmasi $[\boldsymbol{ab}]$ deb shunday vektorga aytiladiki, uning kattaligi $ab\sin(\boldsymbol{a},\boldsymbol{b})$ ga teng, ya'ni tomonlari $\boldsymbol{a}$ va $\boldsymbol{b}$ vektorlar bilan yasalgan parallelogrammning yuziga teng. Bu vektor $\boldsymbol{a}$ va $\boldsymbol{b}$ ga perpendikulyar bo'lib, o'ng parmaning a dan b ga aylantirgandagi ilgarilanma harakat yo'nalishi bo'yicha yo'nalgan (20-rasm). SHuning uchun dipolga ta'sir qilayotgan juft kuchlar momentining vektori $\boldsymbol{M}$ ni quyidagi formula bilan ifodalash mumkin:

$$\boldsymbol{M} = [\boldsymbol{p}\,\boldsymbol{E}]. \tag{15.3}$$

Bir jinsli maydonda dipolga faqat juft kuch ta'sir qilib, bu kuch dipolni r va Yening parallel bo'lishiga intilib, burishga harakat qiladi.

Elektr maydonda dipolni biror burchakka burish uchun ma'lum miqdorda ish bajarish lozim. Bu ish dipolning potentsial energiyasi ortishiga proportsional bo'lgani tufayli undan elektr maydondagi dipolning energiyasi uchun ifodani topish mumkin. Maydon yo'nalishiga perpepdikulyar bo'lgan ($\alpha = \pi/2$) dipolning energiyasini nolga teng deb olamiz. U holda dipolь momenti bilan maydon yo'nalishi α burchak hosil qilgandagi dipolnipg energiyasi quyidagiga teng bo'ladi:



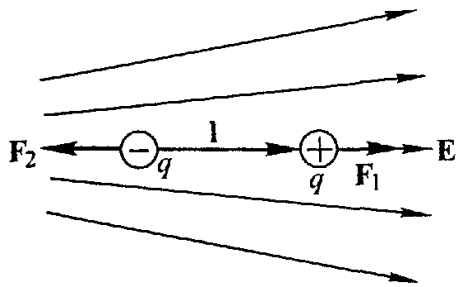
20-расм. Икки векторнинг вектор кўпайтмаси

$$W = \int_{\pi/2}^{\alpha} pE\sin\alpha\, d\alpha = -pE\cos\alpha. \tag{15.4}$$

Endi bir jinsli bo'lmagan maydonda joylashgan dipolni qarab chiqamiz. Soddalik uchun dipolь momenti maydon yo'nalishiga parallel ($\alpha = 0$) deb

faraz qilamiz (21-rasm). Bu holda dipolь uchlariga ta’sir qiluvchi kuchlar bir xil bo’lmay, ularning natijalovchisi nolga teng emas. Bir jinsli bo’lmagan maydonda dipolga uni katta kuchlanganlikli maydon sohasi tomon surishga intiladigan kuch ta’sir qiladi.

Bu kuch kattaligini topamiz. Koordinata o’qi X ni dipolь momenti bo’yicha yo’naltiramiz va dipolning uzunligi Δl ni juda kichik (elementar dipolь) deb hisoblaymiz. Dipolning manfiy uchiga ta’sir qiluvchi kuch $-qE$ dan iborat, bunda E – zaryad $-q$ turgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi. Dipolning musbat uchiga ta’sir qiluvchi kuch $+q[E+(dE/dx)\Delta l]$ ga teng, bunda Δl — dipolь uzunligi. SHuning uchun to’liq kuch F quyidagiga teng bo’ladi:



21-расм. Бир жинсли бўлмаган майдондаги диполь

$$F = q\left(E + \frac{dE}{dx}\Delta l - E\right) = q\,\Delta l\,\frac{dE}{dx} = p\,\frac{dE}{dx}. \qquad (15.5)$$

Bir jinsli maydonda $dE/dx = 0$ ga teng va natijalovchi kuch ham nolga teng.

Agar dipol bir jinsli bo’lmagan maydonda tursa va u maydonga parallel bo’lmasa, u holda dipolga uni maydonga parallel qilib burishga intiluvchi kuch va dipolni kuchli maydon sohasiga tortuvchi kuchdan iborat juft kuch ta’sir qiladi.

To’g’ri burchakli koordinatalarda elektr maydon kuchlanganligining tashkil etuvchilari — E_x, E_y, E_z; o’sha o’qlarda dipol momentiniig tashkil etuvchilari — p_x, p_y, p_z bo’lsin. Xuddi yuqoridagi kabi ish tutib, kuchning X o’q bo’yicha tashkil etuvchisi

$$F_x = p_x\frac{\partial E_x}{\partial x} + p_y\frac{\partial E_x}{\partial y} + p_z\frac{\partial E_x}{\partial z} \qquad (15.6)$$

bo’ladi. F_y va F_z kuchlarning tashkil etuvchilari ham shunga o’xshash formulalar bilan ifodalanadi.

Nazorat savollari:

1.Dipol deb nimaga aytiladi? Uni o’rganishning qanday ahamiyati bor?

2. Dipolning maydonini hisoblamasdan avval u to’g’risida nimalar deyish mumkin? Uning maydoni bir jinsli bo’la oladimi?

3.Dipolning maydonini hisoblovchi formulalarni (xususiy va umumiy) yozing va ularni tahlil qiling, farqlari nimadan iborat?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O’quv yurtlarining fizika ixtisosi bo’yicha darslik. O’qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.

2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.

3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoeposobiedlyastudentovvtuzov. Visshayashkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiyfizikakursi. II qism. OliytexnikaO'quvyurtlariuchunqo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizikakursi", "Fan vatexnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizikakursi", "O'zbekistonmilliykutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilovva bosh. "Elektrvamagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

6-maruza. Elektr sig'im. Sig'im birliklari. Oddiy kondensatorlarning sig'imi. Zaryadlangan kondensatorlar energiyasi. Kondensatorlarni ulash. Elektr maydonning energiyasi. va energiya zichligi.

Reja:

1.Elektr sig'imi va uning birliklari.
2. Oddiy kondensatorlarning sig'imi
3. Ko'zgu tasvirlar metodi
4. Zaryadlangan kondensator energiyasi
5. Kondensatorlarni ulash
6. Murakkab kondensatorlar
7. Elektr maydon energiyasi

1. Elektr sig'im

Orasida elektr kuchlanish mavjud bo'lgan ikki o'tkazgichni qarab chiqamiz va bitta o'tkazgichdan chiqayotgan barcha siljish chiziqlari ikkinchi o'tkazgichda tugaydi deb faraz qilamiz. Bunday juft o'tkazgichlarni biz *oddiy kondensator* yoki to'g'ridan-to'g'ri *kondensator* deb ataymiz.

Kondensator qoplamalari orasida istalgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi doim qoplamalar zaryadi kattaligiga proportsional. SHuning uchun (17.1) ga muvofiq qoplamalar orasidagi kuchlanish U ham doim qoplamalar zaryadi q ga proportsional:

$$q = CU. \qquad (31.1)$$

Bu formuladagi C koeffitsientni kondensatorning *elektr sig'imi* yoki to'g'ridan-to'g'ri uning *sig'imi* deyiladi.

(31.1) dan $U = 1$ va $q = C$ kelib chiqadi. Bu, agar qoplamalar orasidagi kuchlanish birga teng bo'lsa, kondensatorning sig'imi har qaysi qoplamada bo'lgan zaryadlar bilan o'lchanadi, demakdir.

Sig'im birligi bo'lib (F) xizmat qiladi. Bu — har qaysi qoplamasidagi zaryad 1 Kl dan bo'lganda qoplamalar orasidagi kuchlanish 1 V ga teng bo'lgan kondensatorning sig'imi:

1F = 1 Kl/V.

Amalda sig'imning bundan kichik birliklari: 1 mikrofarada (mkF)=10^{-6} F va 1 pikofarada (pF) = 10^{-12} F ishlatiladi.

Kondensatorning sig'imi uning o'lchamlariga, shakliga va qoplamalari orasidagi muhitning xossalariga bog'liq.

Qoplamalari vakuumda turgan istalgan kondensatorning sig'imi C_0 bo'lsin. Agar qoplamalar orasida atmosfera havosi bo'lsa ham biz o'sha sig'imni olamiz. Qoplamalari orasidagi butun fazo bir jinsli biror izolyator bilan to'ldirilgan o'sha kondensatorning sig'imi C bo'lsin.

$$C / C_0 = \varepsilon \qquad (31.2)$$

nisbatni izolyatorning *dielektrik singdiruvchanligi* deyiladi. Dielektrik singdiruvchanlik ε shunday kattalikki, u moddaning elektr xossalarini xarakterlaydi va moddaning turiga va uning holatiga (temperaturasi, bosimi va h.k.larga) bog'liq.

Birliklarning SI sistemasida ye_0 o'lchamga ega va birga teng emas (4-§). SHuning uchun SI sistemasida moddaning dielektrik singdiruvchanligi $\varepsilon\varepsilon_0$ dan iborat.

Misol tariqasida ba'zi moddalarning dielektrik singdiruvchanligi ε ni keltiramiz:

Modda	ε	Modda	ε
Vakuum	1	SHisha	5-10**)
Havo*)	1,000594	Etil spirt	27
Ebonit	2,7-2,9	Sut	81

* $0^\circ C$ va 760 mm sim.ust.

** Sortiga qarab.

2. Oddiy kondensatorlarning sig'imi

Oddiy shakldagi kondensatorlarning sig'imini hisoblash mumkin. Buning uchun har qaysi qoplamada biror miqdorda zaryad bor deb faraz qilib, qaralayotgan kondensatorning elektr maydonidagi potentsial $U(x, y, z)$ hisoblab topiladi. Agar bu masalani yechishning uddasidan chiqilsa, unda kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanishning qiymati U ham olinadi. SHundan keyin sig'imni (31.1) formuladan topish mumkin.

Ba'zi misollarni ko'rib chiqamiz.

1-misol. Yassi kondensator.

Plastinkalar orasidagi oraliq ularning o'lchamlariga nisbatan juda kichik deb hisoblaymiz. Unda chekka effektlarni hisobga olmaslik mumkin. Yassi kondensator maydonida potentsial taqsimotini biz 24-§ da hisoblagan edik. Agar qoplamalarning sirt birligida σ zaryad bo'lib, dielektrik sifatida vakuum olingan bo'lsa, unda qoplamalar orasidagi to'liq kuchlanish

$$U = \sigma d / \varepsilon_0$$

ga teng, bunda d – plastinkalar orasidagi masofa. Agar har qaysi plastinkaning yuzi S ga teng bo'lsa, unda plastinkaning to'liq zaryadi $q = \sigma S$. SHuning uchun

$$C = \frac{q}{U} = \varepsilon_0 \frac{S}{d}. \qquad (32.1)$$

Agar dielektrik sifatida vakuum emas, balki butun elektr maydon fazosini (oraliqni) to'ldirib turuvchi dielektrik singdiruvchanligi ε bo'lgan modda olingan bo'lsa, unda sig'im ε marta ko'p bo'ladi:

$$C = \varepsilon \varepsilon_0 S / d. \qquad (32.1a)$$

Qoplamalar orasidagi d masofa kamayganda sig'im ortadi.

2-misol. Shar kondensator.

Agar kondensator qoplamalarida q zaryad bo'lsa, unda qoplamalar orasidagi vakuumdagi oraliqda kuchlanish (24-§)

$$U = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right)$$

bo'ladi, bunda a va $b-$ ichki va tashqi qoplamalarning radiuslari. SHuning uchun vakuum uchun sig'im

$$C = \frac{q}{U} = \frac{4\pi\varepsilon_0}{1/a - 1/b}. \qquad (32.2)$$

Agar tashqi radius b ichki radius a ga qaraganda juda katta bo'lsa, unda formula soddalashadi:

$$C = 4\pi\varepsilon_0 a. \qquad (32.3)$$

Tashqi qoplama sferik bo'lmay, balki istalgan shaklga ega bo'lib, lekin uning o'lchamlari ichki sferaning radiusidan ancha katta bo'lgan hol uchun ham bu natija o'rinli bo'ladi. Bu ifoda hamma vaqt kondensatorning sig'imini anglatsada, bunda ko'pincha yakkalangan sharning sig'imi to'g'risida gapiriladi. Kondensatorning tashqi qoplamasi rolini bir xil potentsialga ega bo'lgan uzoqdagi predmetlar (xona devorlari va shunga o'xshashlar) o'ynaydi.

Agar, aksincha, qoplamalar orasidagi masofa $b - a = d$ sferaning o'rtacha radiusi r ga qaraganda juda kichik bo'lsa, unda (32.2) ni quyidagi ko'rinishda tasavvur qilish mumkin:

$$C = 4\pi\varepsilon_0 \frac{ab}{b-a} \approx 4\pi\varepsilon_0 \frac{r^2}{d} = \varepsilon_0 \frac{S}{d},$$

bunda $S = 4\pi r^2$ — qoplamalar sirtining yuzi. Oraliq masofa juda kichik bo'lganda sferik va yassi kondensatorlar sig'imi ifodalari o'zaro mos kelishini ko'ramiz.

3-misol. TSilindrik kondensator.

Kondensator radiuslari *a* ((ichki) va b (tashqi) bo'lgan ikkita koaksial tsilindrlardan iborat bo'lsin. TSilindrlarning uzunligi ular orasidagi masofaga nisbatan juda katta deb hisoblaymiz. Qoplamalar orasidagi kuchlanish (24-§)

$$U = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0} \ln \frac{b}{a}$$

q_1 tsilindrlarning bo'ladi, bunda uzunlik birligidagi zaryad. SHuning uchun tsilindrik kondensatorning vakuumda uzunlik birligiga mos kelgan

sig'imi quyidagiga teng:

$$C_1 = \frac{q_1}{U} = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(b/a)}. \qquad (32.4)$$

Bu formula, xususan, izolyator qatlami va metall zirh bilan qoplangan metall simdan iborat kabelning sig'imini ifodalaydi: (32.4) ifodani izolyator moddasining dielektrik singdiruvchanligi ε ga ko'paytirish lozim.

Agar tsilindrlar orasidagi $b-a=d$ masofa ularning radiusiga nisbatan juda kichik bo'lsa, unda (32.4) soddalashadi. Bu holda $\ln(b/a)$ ni qatorga yoyib, faqat birinchi tartibli had bilan chegaralanish mumkin:

$$\ln(b/a) = \ln(1 + d/a) \approx d/a.$$

SHuning uchun

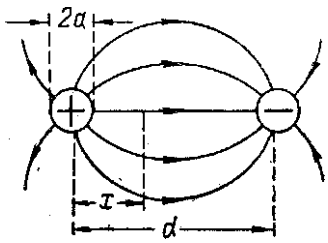
$$C_1 = \frac{2\pi\varepsilon_0}{d/a} = \varepsilon_0 S/d,$$

bunda S orqali kondensator qoplamalarining uzunlik birligiga to'g'ri kelgan yuzi belgilangan: $S = 2\pi a.$ Bu holda ham sig'im yassi kondensator uchun yozilgan formulaning o'zi bilan ifodalanadi.

Bu natija umumiy xarakterga ega ekanligini va kondensator qoplamalari orasidagi masofa qoplamalarning egrilik radiusiga qaraganda juda kichik bo'lgan holdagina qoplamalari istalgan shakldagi kondensatorlar uchun ham o'rinli ekanligini qayd qilib o'tamiz. Bu istalgan bir jinsli bo'lmagan maydonni kichik masofalarda bir jinsli maydon deb qarash mumkin, degan fikrning natijasidir.

4-misol. Ikki simli liniya.

Endi radiuslari a va o'qlari orasidagi masofa d bo'lgan ikkita parallel tsilindrik simlarni qarab chiqamiz (38- rasm). Boshqa barcha jismlar, hatto yer ham d ga nisbatan katta masofada turibdi, deb hisoblaymiz va shuning uchun ikkala simni oddiy kondensator deb qaraymiz.



38- расм. Икки симли линия-нинг электр майдони.

Agar d masofa a bilan taqqoslanadigan darajada bo'lsa, unda zaryadlar sim sirti bo'yicha notekis taqsimlanadi va elektr maydonni hisoblash murakkab bo'ladi. SHuning uchun biz $d \gg a$ deb faraz qilamiz. Bu holda ikkala tsilindr ham tekis zaryadlanadi va ular hosil qilayotgan maydon kuchlanganligini (13.9) formuladan topish mumkin. Elektrostatik maydonda kuchlanish yo'lning shakliga bog'liq bo'lmagani tufayli uni hisoblash uchun simlar o'qini tutashtiruvchi va ularning sirtiga perpendikulyar bo'lgan to'g'ri chiziq ko'rinishidagi eng oddiy yo'lni tanlaymiz. Bu liniyada biror x nuqtadagi maydon kuchlanganligi E {32-rasm) quyidagiga teng:

$$E = \frac{q_1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{1}{x} + \frac{q_1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{1}{d-x},$$

bunda q_1 – simning uzunlik birligidagi zaryad. SHuning uchun simlar orasidagi kuchlanish

$$U=\int_a^{d-a} Edx=\frac{q_1}{2\pi\varepsilon_0}\int_a^{d-a}\frac{dx}{x}dx+\frac{q_1}{2\pi\varepsilon_0}\int_a^{d-a}\frac{dx}{d-x}=$$

$$=\frac{q_1}{\pi\varepsilon_0}\ln\frac{d-a}{a}\approx\frac{q_1}{\pi\varepsilon_0}\ln\frac{d}{a}$$

bo'ladi. Ikki simli liniyaning har bir uzunlik birligiga to'g'ri kelgan sig'imi

$$C_1=\frac{q_1}{U}=\frac{\pi\varepsilon_0}{\ln(d/a)}.$$

ε_0 ning o'lchov birligi. SI birliklari sistemasida elektr sig'imi tushunchasi elektr doimiysi ε_0 (absolyut dielektrik singdiruvchanlik) ning o'lchov bnrligini aniqlashda foydalaniladi. Masalan, (32.1) formuladan foydalanib,

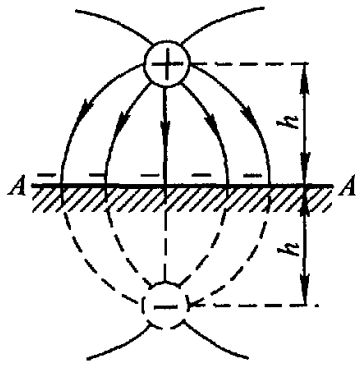
$$\varepsilon_0=Cd/S$$

ga ega bo'lamiz. Bunga C, d va S larning o'lchov birliklarini qo'yib, quyidagini topamiz.

1 ε_0 birlik = (F-m)/m^2 = 1 F/m; bu metrga farada deb ataladi.

3. Ko'zgu tasvirlar metodi

Elektr maydonni hisoblashda va sigimni hisoblab chiqarishda zaryadlarning ko'zgu tasvirlari metodi deb ataladigan yordamchi usul foydali bo'ladi. Bu metod quyidagi qoidaga asoslangan: agar elektr maydonda biror ekvipotentsial sirtni o'sha shakldagi o'tkazgich bilan almashtirilsa va unda qaralayotgan ekvipotektsial sirtdagiga teng potentsial hosil qilinsa, elektr maydon o'zgarmaydi.



39- расм. Нуқтавий заряд ва ўтказувчи текислик орасидаги электр майдон

Bu qoidani bir-biridan $2h$ masofada joylashgan ikki nuqtaviy zaryad $+q$ va $-q$ ning elektr maydoniga tatbiq qilamiz (39-rasm). Qaralayotgan maydonni AA tekislik bilan ikki teng qismga ajratish mumkin. Bu tekislik hamma yerda kuch chiziqlariga perpendikulyar bo'ladi, binobarin, ekvipotentsial sirt bo'ladi. SHuning uchun, agar AA da cheksiz o'tkazuvchi tekislik tursa, unda bu tekislik va $+q$ zaryad orasidagi maydon o'zgarmaydi va ikkita nuqtaviy zaryad $+q$ va $-q$ larning maydoni bilan mos tushadi. Bu o'tkazuvchi tekislikda induktsiyalangan zaryadlarning ta'sirini hisobga olish imkonini beradi.

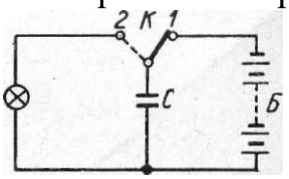
$+q$ zaryad tekislik ustida qanday masofada joylashgan bo'lsa, $-q$ zaryad tekislik orqasida xuddi shunday h masofada joylashgan va shuning uchun ham o'tkazuvchi tekislikda uning ko'zgu tasviri bo'ladi. SHuning uchun topilgan natijani quyidagicha ta'riflash mumkin: nuqtaviy zaryad va cheksiz o'tkazuvchi tekislik orasidagi elektr maydon qaralayotgan zaryad va uning o'tkazuvchi tekislikdagi ko'zgu tasviri hosil qiladigan maydon bilan mos tushadi. Yoki, boshqacha aytganda, induktsiyalangan zaryadlari bo'lgan

o’tkazuvchi tekislik ta’sirini berilgan zaryadning o’tkazuvchi tekislikdati ko’zgu tasviri bo’lgan nuqtaviy zaryad ta’siri bilan. almashtirish mumkin.

$$C_1 = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(2h/a)}. \qquad (33.1)$$

4. Zaryadlangan kondensator energiyasi

Agar zaryadlangan kondensator qoplamalarini metall sim bilan tutashtirsak, unda elektr tok paydo bo’ladi, kondensator zaryadsizlanadi. Kondensator zaryadsizlanishidagi elektr tok simda ma’lum miqdorda issiqlik ajratadi, demak, zaryadlangan kondensator energiyaga ega.



40-расм. Конденсаторни электр лампочка орқали зарядсизлантиришда унинг энергияси иссиқликка айланади.

Agar 40-rasmdagi sxemada kalit K ni 1 vaziyatga o’tkazsak, unda *S* kondensator elementlar batareyasi *B* bilan ulanadi va batareya kuchlanishigacha zaryadlanadi. Kalitni *2* vaziyatga o’tkazsak, kondensator elektrlampochka orqali earyadsizlanadi. Bunda lampochka chaqnab o’chadi.

Endi zaryadlangan kondensator energiyasini hisoblaymiz. Buning uchun kondensator zaryadsizlanmoqda deb faraz qilamiz va zaryadsizlanish protsessida uning qoplamalaridagi kuchlanishning oniy qiymatini u orqali belgilaymiz.

Agar qoplamalar orasida kam miqdorda dq zaryad o’tsa, unda 17-§ ga ko’ra elektr kuchlarning ishi dA quyidagiga teng bo’ladi:

$$dA = udq.$$

Bu formulada qoplamalardagi q zaryadni (31.1) formuladagi kuchlanish orqali ifodalab quyidagini olamiz:

$$dA = Cudu.$$

Bu ifodani kuchlanishning U (zaryadsizlanish boshlanishi) va 0 (zaryadsizlanish tugashi) qiymatlari orasida integrallab, butun zaryadsizlanishi vaqtida elektr kuchlar bajargan to’liq ishga teng bo’lgan kondensator energiyasi W ni topamiz:

$$A = W = C\int_0^U udu = \frac{1}{2}CU^2. \qquad (34.1)$$

Kondensator energiyasining sig’im va kuchlanishga bog’liqligini yuqori bayon qilingan tajribada ham ko’rsatish mumkin (40-rasm). Agar batareya kuchlanishini orttirsak (masalan, ketma-ket ulangan elementlar sonini orttirsak), unda lampochkaning chaqnashi yanada ravshanroq bo’ladi. Agar batareyani o’zgarishsiz qoldirib, kondensator sig’imini o’zgartirsak, unda sig’im ortishi bilan lampochkaning cho’g’lanishi ortadi.

(31.1) munosabatdan foydalanib, zaryadlangan kondensator energiyasini quyidagi ko’rinishlardan istalgan biri orqali ifodalash mumkin:

$$A = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2C}q^2 = \frac{1}{2}qU. \qquad (34.2)$$

Kondensatorlar o'zida energiya to'plash qobiliyati tufayli elektrotexnikada va radiotexnikada keng qo'llaniladi.

5. Kondensatorlarni ulash

Muayyan kondensatorlarga ega bo'lib, kerakli ish kuchlanishida istalgan sig'im olish uchun kondensatorlar batareya qilib ulanadi.

41-*a* rasmda kondensatorlarning parallel ulanishi ko'rsatilgan. Bu holda hamma kondensatorlar uchun U kuchlanish umumiy bo'ladi va biz quyidagiga ega bo'lamiz

$$q_1 = C_1 U,\ q_2 = C_2 U,\ \ldots$$

Batareyadagi yig'indi zaryad

$$q = \sum q_i = U \sum C_i$$

ga teng, shuning uchun batareyaning sig'imi

$$C = q/U = \sum C_i. \qquad (35.1)$$

Parallel ulangan kondensatorlar batareyasining sig'imi har qaysi kondensatorning sig'imlari yig'indisiga teng Bu holda har qaysi kondensatordagi kuchlanish batareyadagi kuchlanishga teng bo'lgani tufayli, batareyaning yo'l qo'yilgan ish kuchlanishi ham bitta kondensatorniki kabi bo'ladi.

41-b rasmda kondensatorlarning ketma ket ulanishi ko'rsatilgan. Bu holda batareyaning to'liq zaryadiga teng bo'lgan q zaryad hamma kondensatorlar uchun bir xil, biz quyidagini yoza olamiz:

$$U_1 = q/C_1, \quad U_2 = q/C_2.$$

Batareyadagi kuchlanish esa har qaysi kondensatordagi kuchlanishlarning yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$$U = \sum U_1 = q \sum \frac{1}{C_i}.$$

Butun batareya sig'imi S uchun quyidagini topamiz:

$$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i}. \qquad (35.2)$$

Kondensatorlar ketma-ket ulanganda sig'imlarning teskari qiymatlaridan yig'indi olinadi. Bu holda har qaysi kondensatordagi kuchlanish batareyadagi kuchlanishdan kam bo'ladi va shuning uchun yo'l qo'yilgan ish kuchlanishi bitta kondensatornikidan katta bo'ladi.

41-*v* rasmda kondensatorlarni aralash ulash ko'rsatilgan. Bunday batereyaning sig'imini (35.1) va (35.2) formulalardan foydalanib aniqlash oson. Buni bajarishni kitobxonga topshiramiz.

Real holda ikkala kondensatorda ham sirqish bo'lganda (42-*v* rasm) barqarorlashgan kuchlanish sig'imga bog'liq bo'lmay, balki sirqishga bog'liq bo'ladi. Kam sirqiydigan kondensatorda kuchlanish katta bo'ladi va u teshilishi mumkin. SHuning uchun o'zgarmas kuchlanishlar bilan ishlanganda kondensatorlarning ketma-ket ulanishi qo'llanilmaydi, undan o'zgaruvchan tok zanjirlarida foydalaniladi.

7. Elektr maydon energiyasi

Tajriba elektromagnit to'lqinlar energiyaga ega bo'lib, shu energiyani o'zi bilan ko'chirib yurishini ko'rsatadi va bu energiyadan radiotexnikada aloqa maqsadlari uchun va boshqa texnikaviy qurilmalarda foydalanamiz. Elektromagnit to'lqinlarning mavjudlik fakti yuqorida qo'yilgan savolga javob beradi va energiya elektr maydonda mujassamlashgan degan xulosa chiqarishga imkon beradi.

Bu natijani hisobga olib, kondensator energiyasi uchun yozilgan (34.1) ifodani unga maydonning xarakteristikasi — uning kuchlan-ganligi kiradigan qilib o'zgartira olamiz.

Dastavval bir jinsli maydonni qarab chiqamiz va (34.1) ni yassi kondensatorga tatbiq qilamiz. Unda quyidagini olamiz:

$$W = \frac{1}{2}\left(\varepsilon\varepsilon_0 S/d\right)U^2 = \frac{1}{2}\varepsilon\varepsilon_0\left(U/d\right)^2 Sd.$$

Ammo U/d bu maydonning kuchlanganligi E ning o'zi (19-§ ga q.), Sd esa maydon egallagan hajm. Bir jinsli maydonning energiyasi maydon egallagan hajmga proportsional ekanligini ko'ramiz. SHuning uchun har qaysi hajm birligidagi energiya haqida yoki elektr maydon energiyasining hajmiy zichligi haqida gapirish maqsadga muvofiq bo'ladi. U quyidagiga teng:

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon\varepsilon_0 E^2. \tag{37.1}$$

Agar elektr maydon bir jinsli bo'lmasa, uni har doim elementar $d\tau$ hajmlarga bo'lish mumkin va cheksiz kichik hajm ichida uni bir jinsli deb hisoblash mumkin. SHuning uchun $d\tau$ maydon hajmi ichiga qamalgan energiya $ud\tau$ bo'ladi. Har qanday elektr maydonning to'liq energiyasi quyidagi ko'rinishda berilishi mumkin:

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \sum_{\tau} E^2 d\tau, \tag{37.2}$$

bunda integrallash qaerda elektr maydon bo'lsa, o'sha butun τ hajm bo'yicha bajariladi.

Nazorat savollari:

1.Elektr sig'imiga ta'rif bering.

2.Elektr sig'imining birligini ayting.

3.Kondensatorga ta'rif bering va ularning turlarini, tuzilishlarini ayting.

4.Kondensatorlarni ulash sxemalarini, ularni hisoblash formulalarini chizing va yozing.

5.Zaryadlangan kondensator energiyasini hisoblash formilasini yozing, uni keltirib chiqaring.

6.Elektr maydon energiyasini hisoblash formulasini yozing, uni keltirib chiqaring.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.

2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

7-maruza. Elektr maydonidagi o'tkazgichlar. Elektr maydonidagi dielektriklar . Dielektriklarning qutblanishi. Qutblanish vektori. Muhitning dielektrik singdiruvchanligi va qabul qiluvchanligi.

Reja

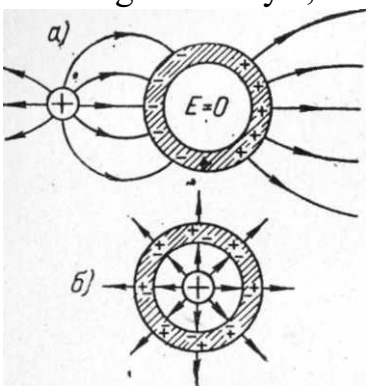
1.Zaryadlar muvozanatda bo'lishlar sharti.
2.Elektr maydonida yopiq kovak o'tkazgich.
3.Zaryadni bir o'tkazgichdan boshqasiga to'la uzatish.
4. Elektr maydonda o'tkazgichlar
5.Dielektrikning xossalari va qutblanishi.

1.Zaryadlar muvozanatda bo'lishlar sharti.

Endi elektr tok bo'lmaganda elektr zaryadlar o'tkazgich ichida qanday taqsimlanishini qarab chiqamiz.

Zaryadlar muvozanatda bo'lishi uchun maydon kuchlanganligi E_i o'tkazgich ichidagi istalgan nuqtada nolga teng bo'lishi kerakligini 18-§ da ko'rgan edik. Unda Puasson tenglamasi (14.1) dan o'tkazgich ichida zaryadning hajmiy zichligi ρ_i ham nolga teng bo'lishi kelib chiqadi. Elektr tok bo'lmaganda zaryadlar faqat o'tkazgich sirtida taqsimlanadi.

Agar yaxlit o'tkazgichdan uning ichki qismi olib tashlangan deb faraz qilsak, unda ichi kovak berk o'tkazgich hosil bo'ladi. Ichki qismida zaryadlar bo'lmagani tufayli, uni olib tashlash (ichki qismini) na maydon taqsimotini, na o'tkazgichning qolgan ichki qismida zaryad taqsimotini o'zgartiradi, SHuning uchun zaryadlarning muvozanatli taqsimoti yaxlit o'tkazgichda qanday bo'lsa, ichi kovak o'tkazgichda ham shunday bo'ladi, ya'ni zaryadlar faqat tashqi sirtda bo'ladi. Devor ichidagi istalgan nuqtada va ichki bo'shliqdagi



33- rasm. Metall bo'shliq tashqarisidagi *(a)va ichidagi (б)zaryad.*

istalgan nuqtada maydon kuchlanganligi nolga teng bo'ladi.

Zaryadlar muvozanat vaziyatda, ular qanday paydo bo'lganligiga bog'liq bo'lmagan ravishda o'tkazgich sirtida taqsimlanadi. Agar berk kovak metall o'tkazgich tashqi elektr maydonda turgan bo'lsa (33-*a* rasm), unda o'tkazgichda induktsion zaryadlar paydo bo'ladi. Bu zaryadlar ham faqat tashqi sirtda mujassamlanadi. Elektr maydon esa metallning butun qalinligi bo'yicha ham, kovak ichida ham nolga teng bo'ladi. SHuning uchun kovak metall o'tkazgich barcha tashqi zaryadlarning elektr maydonini ekranlaydi. Bundan amalda elektrostatik himoya tuzilishida keng foydalaniladi. Sezgir elektr asboblarni tashqi elektr maydonlarning g'alayonlovchi ta'siridan to'sish uchun ularni yopiq metall yashiklarga joylab, yerga ulanadi.

2.Elektr maydonida yopiq kovak o'tkazgich.

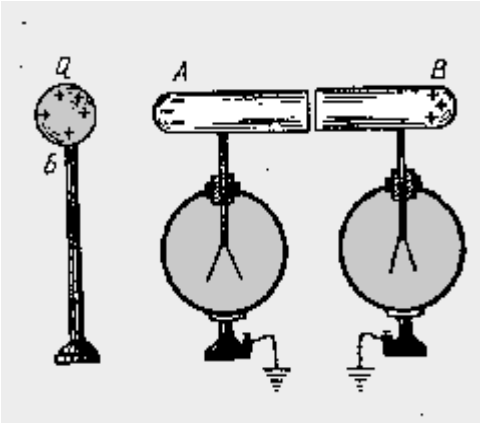
Yopiq kovak o'tkazgich faqat tashqi zaryadlar maydonini ekranlashini qayd qilib o'tamiz. Agar elektr zaryadlar kovak ichida bo'lsa, induktsion zaryadlar o'tkazgichning faqat tashqi sirtidagina emas, balki ichki sirtida ham paydo bo'ladi (33-*b* rasm). Bu induktsiyalangan zaryadlar shunday taqsimlanadiki, bunda kovak ichidagi zaryadlar hosil qilgan maydon va induktsion zaryadlar hosil qilgan maydon yig'indisiga teng bo'lgan to'liq maydon metallning butun qalinligi bo'yicha istalgan nuqtada nolga teng bo'lishi lozim (muvozanat sharti). Ammo kovak ichida maydon nolga teng bo'lmaydi. Bu yerdan kovak ichidagi zaryad bilan ichki sirtdagi induktsion zaryadlarni birlashtiruvchi kuch chiziqlar o'tadi. Tashqi sirtdagi induktsion zaryadlar esa tashqi fazoda maydon hosil qiladi va shuning uchun yopiq o'tkazuvchi kovak shu kovak ichiga joylashgan elektr zaryadlar maydonini ekranlamaydi.

3.Zaryadni bir o'tkazgichdan boshqasiga to'la uzatish.

Yuqorida bayon qilinganlarga muvofiq zaryadni bir o'tkazgichdan boshqasiga uzatishning muhim amaliy uslubi topiladi. Masalan, zaryadni metall sirtdan elektrometrga uzatish talab qilingan bo'lsin. Bu uzatishni to'la amalga oshirish uchun elektrometrni kovak o'tkazgich (shakli yopiq kovakka yaqin, masalan, metall tsilindr, ya'ni «faradey tsilindri») bilan ulanadi va zaryadlangan o'tkazgich shu kovak ichiga kiritiladi. Bunda o'tkazgich to'liq razryadlanadi va uning zaryadi butunlay elektrometrga o'tadi.

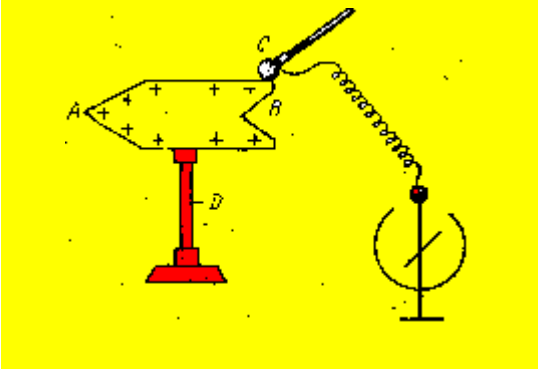
4. Elektr maydonda o'tkazgichlar

O'tkazgich moddada, asosan metallarda, erkin, kristall panjara tugunlariga bog'liq bo'lmagan elektronlar mavjud, ular gaz molekulalari kabi metall ichida tartibsiz harakatda bo'ladi. Agar biror metall bo'lagini elektr zaryadlangan jism yaqiniga keltirsak, undagi elektronlar bir tomon o'tib, qarshi tomonida elektronlar



26- расм.

kamayadi va u musbat zaryadlanadi. SHu holda ikki qismga ajratilgan metalldagi musbat va manfiy zaryadlarni bir-biridan ajratish mumkin (ta'sir bilan zaryadlash yoki elektrostatik hodisani eslang).



27-расм.

5. Dielektrikning xossalari va qutblanishi

a) Dielektrikning tuzilishi.

Ba'zi jismlarda bo'lgan zaryadlar orasidagi masofa atom yoki molekulalar o'lchami tartibida 10^{-10} m yoki yana ham kichik bo'lsa, ular orasidagi elektr maydon kuchlanganligi katta bo'ladi. SHunday tuzilishdagi qattiq jismlarning ba'zilarida kristall tuguniga (yadroga) bog'lanmagan erkin elektronlar uchraydi, bular metall ichida ixtiyoriy hamma tomonga erkin harakat qila oladilar, bunday jismlar o'tkazgichlar deyiladi. Bulardan tashqari, shunday kattik jismlar borki, ularda erkin elektronlar yo'q deyish mumkin. Ulardan o'tgan toklarni mavjud bo'lgan o'lchov asboblari orqali kuzata olmaymiz. Bunday o'zidan elektrni o'tkazmaydigan yoki yomon o'tkazadigan jismlarni dielektr (izolyator)lar deyiladi. Bularga tashqi elektr maydon bilan ta'sir etsak ham undagi elektronlar o'z o'rnilarida tebranib, elektr o'tkazuvchanlik ro'y bermaydi. Metallarga nisbatan dielektriklardagi elektr o'tkazuvchanlik 10^{20} martagacha kam bo'ladi, absolyut izolyator yo'q, havo, sof suv, suyultirilgan ko'pchilik gazlar, suyuk havo, qattiq jismlardan olmos, oltingugurt, kvars, slyuda, shisha, rezina, ipak va hokazolar ham izolyator hisoblanadi.

Temperatura ko'tarilishi bilan metallarning elektr o'tkazuvchanligi kamaysa, dielektriklarda aksincha elektr o'tkazuvchanligi ortadi. Bu shuni ko'rsatadiki, normal sharoitdagi dielekgriklarning elektron va yadrolari o'zaro juda katta kuchlanganlik bilan shunday kattik bog'langanki, biz kuygan kuchlanishga moc kuchlanganlik ta'sirida elektronlar o'z atom yoki molekulasidan ajralmaydi. SHu munosabat bilan dielektrikning ba'zi xossalarini qarab chikamiz.

b) Dielektrikning qutblanishi.

Ikkita bir-biridan d masofada o'zaro parallel o'rnatilgan metall plastinalar

musbat va manfiy zaryadlangan bo'lib, plastinalardagi zaryadning sirt zichligi σ_+ va σ_- bo'lsin. Ular orasidagi muhit vakuum bo'lsa, musbat zaryadlangan plastinadan zlektr maydon kuch chiziqlarining hammasi manfiy zaryadlangan plastinaga etib boradn. Bu holda vakuumdagi elektr maydon kuchlanganligi $E_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ bo'ladi.

Demak,

$$E = \frac{\sigma'}{\varepsilon_0}, \quad D = \sigma \qquad (1.43)$$

Agar dielektrik silindrik shaklda bo'lsa, uning elementining asos yuzini dS deb, undagi zaryad miqdori $dq = \sigma_к\, dS$ yuzadagi zaryad bilan uzunlik (silindr balandligi) l ning ko'paytmasiga teng deb olinsa, silindrning elektr momenti dM_i

$$dM_i = d\,q\,l = \sigma_к\, l\, dS$$

bo'ladi. $l\,dS = dV$ silindr hajmi bo'lgani uchun $dM_i = \sigma_к\, dV$ hajm birligiga to'g'ri kelgan elektr momentiga qutblanish vektori r deb yuritiladi:

$$p = \frac{dM_i}{dV} = \sigma_к \qquad (1.44)$$

hajm birligiga to'g'ri kelgan silindrning elektr momenti son jihatdan qutblanishdagi zaryadlarning sirt zichligiga teng ekan. SHunday qilib, tekshirish kerak

$$E_к = \sigma_к = p \quad \text{va} \quad D = \varepsilon_0 E + p. \qquad (1.45)$$

Ko'pchilik dielektriklar uchun qutblanish vektori kuchlanganlikka proporsional $p = \chi\, E\varepsilon_0$, bundagi χ — elektrlanish koeffisienti bo'lib, uning qiymati dielektrikning tabiatiga bog'liq. Qutblanish vektorining qiymatini elektr siljishi D ifodasiga kiritsak,

$$D = E\,\varepsilon_0 + \varepsilon_0 \chi\, E = \varepsilon_0 (1+\chi)\, E \qquad 1+\chi = \varepsilon \qquad \text{va} \qquad D = \varepsilon\varepsilon_0\, E \qquad (1.46)$$

bo'ladi. Bilamizki, $\varepsilon = \frac{D}{\varepsilon_0\, E}$ (1.43) hisobga olinsa, $\frac{1}{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_0 E}{D} = \frac{\sigma'}{\sigma}$. Bu muhitning effektiv zaryadi σ' erkin (ozod) σ zaryadlardan necha marta kam ekanligini ko'rsatadi.

Biroq, dielektrik ichidagi elektr maydonni xarakterlash uchun dielektriklardan (bir jinsli va bir jinsli bo'lmagan ham), ya'ni ularning bo'linish chegaralaridan uzluksiz ravishda o'tuvchi yangi $\vec{D}$ vektorni kiritish mumkin. Bu vektor elektrostatik induksiya vektori deyiladi, $\vec{E}$ dielektrik ichidagi vektor bilan quyidagicha bog'langan bo'ladi:

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E}$$

bunda ε-dielektrik muhitning $\vec{D}$ aniqlanayotgan nuqtadagi qiymati $\varepsilon = 1 + 4\pi\chi$ ekanligidan, $\vec{D}$ ni

$$\vec{D} = (1 + 4\pi\chi)\vec{E} = \vec{E} + 4\pi\chi\vec{E}$$

ko'rinishda yozish mumkin bunda $\vec{P} = \chi\vec{E}$ vektor qayd etilganidek qutblanish vektoridir. U holda

$$\vec{D} = \vec{E} + 4\pi\vec{P}$$

$\vec{D}$ vektor ham dielektrikda $\vec{E}$ vektor kabi yo'nalgan bo'ladi (kristall dielektriklarda $\vec{D}$ va $\vec{E}$ vektorlarning yo'nalishi mos kelmaydi). Bo'shliqda esa $\vec{D}$ va $\vec{E}$ vektorlar ustma-ust tushadi. Induksiya vektorining chizig'i deb shunday chiziqqa aytiladiki, bu chiziqning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinmaning yo'nalishi induksiya vektorining yo'nalishi bilan ustma-ust tushadi. CHiziqning yo'nalishi har bir nuqtada induksiya vektorining yo'nalishi shu nuqtadagi chiziq yo'nalishiga mos keladi deb hisoblanadi. o'tkaziladigan induksiya chiziqlarining sonini shunday shartga bo'ysundira-mizki, induksiya chiziqlariga tik bo'lgan ΔS_0 kichik yuzachani kesib o'tuvchi ΔN chiziqlar sonini ΔS_0 yuzachaga nisbati miqdor jihatdan induksiya vekto-rining yuzacha sohasidagi qiymatiga teng bo'lsin

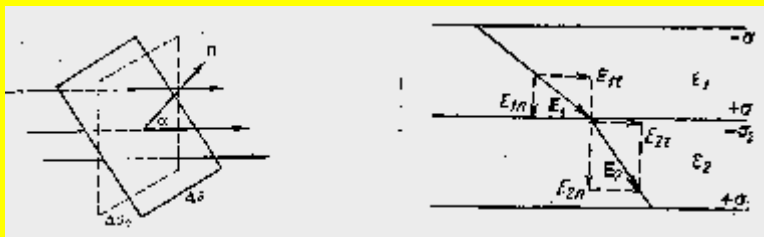
$$\frac{\Delta N}{\Delta S_0} = D$$

Agar ΔS_0 yuzani α burchakka og'dirsak (36, a-rasm),

$$\Delta N = D\Delta S_0 = D\cos\alpha\Delta S = D_n\Delta S_0$$

D_n -induksiya vektorining ΔS yuzachaga o'tkazilgan normal yo'nalishiga tushirilgan proeksiyasini bildiradi, u holda ΔN ΔS yuzachadan o'tuvchi induksiya vektori oqimidan iborat bo'ladi. CHekli o'lchamdagi S yuzadan o'tgan to'liq oqim ΔN kabi barcha elementar oqimlar yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$N = \sum_{(S)} D_n \Delta S$$



36, а) расм. 36, б) расм.

Dielektrikni kesib o'tgan induksiya chiziqlarining uzluksizligini isbot qilish uchun dielektrik doimiysi ε_1 va ε_2 bo'lgan ikki yassi qatlam olamiz (36, b-rasm). Erkin zaryadlarning E_0 maydon kuchlanganlik vektori dielektrikning bo'linish chegarasida biror burchak hosil qilsin. Bo'linish chegaralarining birinchi dielektrikda $\pm\sigma_1^{'}$ bog'langan sirt zaryad zichligi, ikkinchisida $\pm\sigma_2^{'}$ bog'langan sirt zaryadlar vujudga keladi. Bu zaryadlar birinchi dielektrikda $E_1^{'} = -4\pi\sigma_1^{'}$, ikkinchisida $E_2^{'} = -4\pi\sigma_2^{'}$ maydon kuchlanganligi hosil qiladi Bu kuchlanganliklar dielektriklar chegaralariga tik bo'lib $\vec{E}_{0n}$ vektorga teskari yo'nalgan bo'ladi. Bu kuchlanganliklar $\vec{E}_0$-(erkin zaryadlarning) normal $\vec{E}_{0n}$ tashkil etuvchisini susaytiradi xolos. $\vec{E}_0$ ning $\vec{E}_{0t}$ tashkil etuvchisi birinchi va ikkinchi dielektriklarda o'zgarishsiz

$$E_{0t} = E_{1t} \text{ va } E_{ot} = E_{2t}$$

qoladi Natijada ikki dielektrik chegarasida erkin zaryadlar hosil qilgan maydon kuchlanganliging tangensial (urinma) tashkil etuvchilari bir dielektrikli muhitdan ikkinchisiga o'tganda uzluksiz o'tadi. Normal tashkil etuvchilari esa

$$E_{1n} = E_{0n} - 4\pi\sigma_1' \text{ va } E_{2n} = E_{0n} - 4\pi\sigma_2'$$

ga teng bo'lib, E_0 ning normal tashkil etuvchilari uzluksiz o'tmaydi-o'zgara-di. YUqoridagi tengliklardan quyidagi kelib chiqadi:

$$E_{1t} = E_{2t}$$

Bog'langan zaryadlarning va sirt zichliklari qutblanish koeffisenti bilan $\sigma_1' = \chi_1 E_{1n}$ va $\sigma_2' = \chi_2 E_{2n}$ kabi bog'lanishini nazarda tutsak (8) va (9) lar yordamida

$$(1+4\pi\chi_1)E_{1n} = E_{0n} \qquad (1+4\pi\chi_2) = E_{2n} = E_{0n}$$

munosabatlarni hosil qilamiz:

$$\varepsilon_1 E_{1n} = \varepsilon_2 E_{2n}$$

Demak elektr maydon kuchlanganligining normal tashkil etuvchisi dielektrikning bo'linish chegarasida uziladi. $\varepsilon_1 E_{1n} = \varepsilon_2 E_{2n}$ tenglik $\vec{E}$ vektor uchun chegaraviy shart bo'ladi. $\vec{E} = \dfrac{\vec{D}}{\varepsilon}$ ifodaga ko'ra, ikki dielektrik uchun

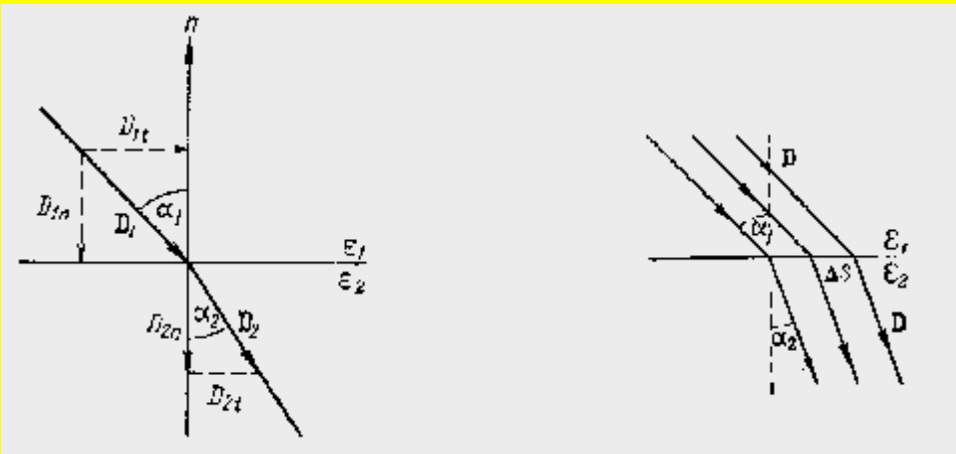
$$E_{1t} = \frac{D_{1t}}{\varepsilon_1} \quad E_{2t} = \frac{D_{2t}}{\varepsilon_2}$$

$$D_{1n} = D_{2n}$$

munosabatlar o'rinli bo'ladi.

Ikki dielektrikning bo'linish chegaralarida induksiya vektori $\vec{D}$ ning normal tashkil etuvchisi bo'linish chegarasidan o'tishda uzluksiz, tangensial tashkil etuvchisi esa uzilishga egadir. $D_{1n} = D_{2n}$ munosabat ni bo'linish chegarasidagi induksiya oqimining tengligidan ham keltirib chiqarish mumkin.

Ikki dielektrik uzilish chegarasida ε_1 va ε_2 larning nisbati $\dfrac{tg\alpha_1}{tg\alpha_2}$ ga tengligini isbot qilishimiz mumkin. Aytayl ik $\vec{D}_1$ va $\vec{D}_2$ induksiya vektorlari bo'linish chegaralarida normal bilan α_1 va α_2 burchak tashkil etgan bo'lsin (36, v-rasm).



36, в –расм. 36, г –расм.

SHakldan $\quad tg\alpha_1 = \dfrac{D_{1t}}{D_{1n}} \qquad tg\alpha_2 = \dfrac{D_{2t}}{D_{2n}}$

Bu tengliklardan $\frac{tg\alpha_1}{tg\alpha_2} = \frac{D_{1t}}{D_{2t}} \frac{D_{2n}}{D_{1n}}$

Bundan $D_{1n} = D_{2n}$ bo'lganligidan $\frac{tg\alpha_1}{tg\alpha_2} = \frac{D_{1t}}{D_{2t}} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$ ga teng bo'lib dielektrik chegarasida induksiya chiziqlarining sinish qonunini ifodalaydi. $D_{1n} = D_{2n}$ tenglikdan foydalanib ikki dielektrik muhit chegarasidagi ΔS yuzadan o'tayotgan kuch chiziqlarining soni (36, g-rasm)

$$\Delta N_1 = D_{1n\Delta}\Delta S\,,\ \Delta N_2 = D_{2n\Delta}\Delta S$$

ga teng bo'lib $D_{1n} = D_{2n}$ ga tengligidan $\Delta N_1 = \Delta N_2$ ekanligi kelib chiqadi, bu esa induksiya vektori chiziqlarining D_{1n} va D_{2n} tashkil etuvchilari ikki dielektrik chegarasida uzluksiz o'tishini yana bir bor isbotlaydi.

Maydon noldan farqli bo'lgan fazoni uzluksiz to'ldiruvchi bir jinsli dielektrikda $\vec{D}$ induksiya vektori, erkin zaryadlarning $\vec{E}_0$ may-donidan farq qilmaydi, chunki bunday dielektrikda $\vec{E} = \frac{\vec{E}}{\varepsilon}$ va bundan $\vec{E} = \varepsilon\vec{E} = \vec{D}$ bo'ladi. Dielektrikdagi maydon uchun Ostrogradskiy-Gauss teoremasining ko'rinishi o'zgaradi. Qutblangan dielektrik olib, dielektrik ichida olingan ixtiyoriy yopiq S sirtdan o'tuvchi kuchlanganlik oqimini hisoblaylik. Cirt ichidagi to'la q zaryad dielektrikka tashqaridan kiritilgan q' erkin zaryaddan va dielektrik qutblanganda vujudga kelgan bog'langan zaryaddan tashkil topgan bo'ladi:

$$\sum_{(S)} E_n \Delta S = 4\pi q = 4\pi(q_0 + q')$$

bunda n-sirt nuqtalariga o'tkazilgan tashqi normalni bildiradi. Butun S sirt ichidagi hamma bog'langan zaryad

$$q' = -\sum_{(S)} \sigma' \Delta S = -\sum_{(S)} \chi E_n \Delta S$$

ga teng bo'ladi.

Bu ifodalardan quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\sum_{(S)} (E_n + 4\pi P)\Delta S = 4\pi q_0 \qquad \sum_{(S)} D_n \Delta S = 4\pi q_0$$

bu erda $\vec{P}$ qutblanish vektorining har ikki tomonidan divergensiya olib:

$$div\vec{D} = div\vec{E} + 4\pi div\vec{P}$$

$$div\vec{E} = 4\pi\rho \qquad div\vec{P} = -\rho'$$

ekanligini nazarda tutsak

$$\underline{div\vec{D} = 4\pi(\rho - \rho')}$$

tenglikni hosil qilamiz, lekin $\rho_0 = \rho - \rho'$, bunda ρ_0 erkin zaryadlarning hajm zichligi.

Dielektriklar uchun Ostrogradskiy - Gauss teoremasi, uning integral va differensial shakllari

Yuqorida (4-§ da (1.18) formula) o'tilgan Gauss teoremasida kuchlanganlik vektorlar oqimi bilan tanishganda, Gaussning vakuum uchun integral shakldagi

$$N_E = \oint EdS = \frac{q}{\varepsilon_0} \qquad (1.46)$$

tenglamasini ko'rgan edik. Muhit ta'siri hisobga olinmagan edi. Endi dielektrik uchun ham shu tenglamani olish mumkin, ammo endi maydon hosil. kiluvchi q zaryadga dielektrikning qutblanishi tufayli hosil bo'ladigan $q_к$ zaryadlar atrofidagi maydonni ham hisobga olishga to'g'ri keladi, ya'ni

$$\oint E_{тул} dS = \frac{q + q_к}{\varepsilon_0} \qquad (1.47)$$

Qutblanish zaryadi dipolining elektr momenti r hisobga olinsa,

$$q_к = -\oint P_n dS = -\oint \vec{P} d\vec{S} \qquad (1.48)$$

bo'lib,

$$\oint (\varepsilon_0 E + P) dS = q$$

kelib chiqadi.

$(\varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P})$ ifoda elektr induksiya vektori deb ataladi va $\vec{D}$ orqali belgilanadi:

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \qquad (1.49)$$

Bu holda

$$\oint D_n dS = q \qquad (1.49a)$$

Elektr kuch chiziqlari o'tayotgan yuzaga tushirilgan tashqi normal o'qning manfiy tomoniga yo'nalgan bo'lsa, bunda bu sirtdan o'tgan $\vec{E}$ vektor oqimi —$E_x(x)dydz$ bo'ladi. Unga karshi sirt orqali o'tgan oqimni $E_x(x+dx)dydz$ deb yozsak bo'ladi. Har ikkala oqimning yig'indisi

$$[E_x(x+dx) - E_x(x)]dydz = \frac{\partial E_x}{\partial x} dxdydz = \frac{\partial E_x}{\partial x} dV \qquad (1.50)$$

bo'ladi. Bunda dxdydz=dV hajm elementi.

(1.50) ifodani boshqa dy va dz o'qlar bo'yicha yozsak, parallelepipedning hamma yuzasidan o'tgan umumiy oqim yig'indisi

$$\left(\frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z}\right) dV = divE \cdot dV \qquad (1.51)$$

bo'lib, bundagi

$$divE = \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z}$$

bo'ladi (1.51) pa (1.52) larni birlashtirsak,

$$divE\, dV = \frac{\rho}{\varepsilon_0} dV \qquad (1.53)$$

bundan

$$divE = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \qquad (1.54)$$

(1.49a) tenglama differensial shaklda

$$divD = \rho \qquad (1.55)$$

yozilishi mumkin, bu erda ρ—erkin zaryadlarning hajmiy zichligi.

Demak, berk sirt orqali o'tgan induksiya vektor oqimi $\vec{D}$ faqat erkin zaryadlar orqali ifodalanar ekan. Bu (1.49a) tenglik dielektriklardagi elektr maydon uchun

Ostrogradskiy—Gauss teoremasini ifodalaydi. Vakuumda $\vec{E}$ va $\vec{D}$ vektorlar bir xil ifodaga ega.

Nazorat savollari:

1.Moddalarni elektr xossalariga ko'ra sinflarga agratishning tajribaviy asosi nimadan iborat?
2.O'tkazgichlar va dielektriklarning ichki tuzilishida qanday farqlar bo'lishi mumkin?
3.Elektr maydonidan muhofazalanish mumkinmi, mumkin bo'lsa qanday qilib?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.

8-maruza. Ikki dielektrik muhit chegarasida qutblanish va induktsiya vektorlari, hamda elektr maydon kuchlanganligi chiziqlarini sinishi. Dielektrik kristallarning elektr xususiyatlari.

Reja:
1. Dielektrik ichidagi elektr maydon kuchlanganligi
2. Elektr siljish vektori
3. Izotrop va anizotrop dielektriklar

1. Dielektrik ichidagi elektr maydon kuchlanganligi

Biz II bobda vakuumdagi elektr maydon kuchlanganligini birlik musbat sinash zaryadiga ta'sir qiluvchi kuch kabi aniqlagan edik. Dielektriklarga o'tishda bu ta'rifga qo'shimcha aniqliklar kiritish talab qilinadi.

Sinash zaryadining o'lchamlari dielektrikning molekulalari orasidagi masofalarga qaraganda kichik deb faraz qilamiz, unda dielektrik ichidagi elektr maydon turli nuqtalarda turlicha bo'lib, molekulalarning zaryadlangan uchlarida — dipollarda, ayniqsa, katta qiymatlarga erishadi. Maydonning bu o'zgarishlari mikroskopik masshtablardagina ro'y beradi, shuning uchun uni bevosita kuzatish qiyin. SHu tarzda aniqlangan maydonni mikroskopik maydon (E_m)deb yuritiladi.

Ammo barcha real tajribalarda o'lchamlari atomlararo masofalarga qaraganda ancha katta bo'lgan o'lchamli jismlar (yoki bu jismlarning qismlari) bilan ish ko'ramiz. Bunday hollarda bizni mikroskopik maydon Ye_mning hajm bo'yicha

o’rtachalangan qiymati, ya’ni makroskopik maydon qiziqtiradi. Elektr maydon kuchlanganligining bu o’rtacha qiymatini dielektrik ichidagi elektr maydon kuchlanganligi deb ataladi. SHunday qilib, ta’rifga ko’ra

$$\boldsymbol{E} = \overline{\boldsymbol{E}_{\text{ì}}} = \frac{1}{\tau}\int_{\tau} E_{\text{ì}}\, d\tau \qquad (40.1)$$

SHuni qayd qilib o’tamizki, bu formuladagi τ mikroskopik katta bo’lishi, ya’ni undagi molekulalar soni ko’p bo’lishi lozim. Ammo u makroskopik jihatdan juda kichik bo’lishi, ya’ni uning butun o’lchamlari davomida maydonning makroskopik qiymati amalda o’zgarmasligi lozim. Bu ikkala talabni qanoatlantiradigan shunga o’xshash kichik hajmlarni fizikaviy cheksiz kichik hajmlar deyiladi (matematik cheksiz kichik hajmlardan farq qiladi).

Xuddi shunga o’xshash dielektrik ichidagi potensial deb makroskopik potentsialni, ya’ni biror fizikaviy kichik hajm bo’yicha uning o’rtacha qiymatini aytiladi. E maydon va U potentsialning makroskopik qiymatlari ham vakuumdagi ifodalar bilan bog’langan. Yassi kondensator holida biz quyidagiga ega bo’lamiz:

$$E = U / a, \qquad (40.2)$$

bunda U – qoplamalar orasidagi potentsial, a — ular orasidagi masofa.

Butunlay bir jinsli dielektrik bilan to’ldirilgan yassi kondensatorni (bir jinsli maydonni) qarab chiqamiz. Dielektrik ichidagi maydonning kuchlanganligi E ikki maydonning yig’indisidan iborat: metall qoplamalardagi zaryadlar hosil qilgan maydon $\boldsymbol{E}_0$ va qutblangan dielektrik hosil qilgan maydon $\boldsymbol{E}'$ (53-rasm). E_0 maydon σ / ε_0 ga teng, bunda σ – metall qoplamalardagi zaryadning sirtiy zichligi. Qutblangan dielektrikning ta’sirini esa uning sirtida paydo bo’layotgan qutblovchi zaryadlar (39-§) orqali ifodalash mumkin. SHuning uchun $E' = -\sigma' / \varepsilon_0$, bunda σ' – qutblovchi zaryadlarning sirtiy zichligi. Binobarin,

$$E = \frac{\sigma - \sigma'}{\varepsilon_0}.$$

Kondensator qoplamalarida zaryadning sirtiy zichligi $(\sigma - \sigma')$ ga teng bo’lganda dielektrik ichidagi maydon kuchlanganligi vakuumdagi maydon kuchlanganligiga mos keladi. Qoplamalar zaryadi va qutblovchi zaryad orasidagi $(\sigma - \sigma')$ farqni ko’pincha erkin zaryad deb ataladi.

Yuqorida aytilganlarga asosan shuni qayd qilib o’tamizki, dielektrikka botirilgan q zaryadli makroskopik jismga ta’sir qiluvchi kuch umumiy holda endi qE ga teng bo’lmaydi. Vakuumda ham shunday bo’lgan edi.

Haqiqatan ham avval qattiq jismni qarab chiqamiz. Unga zaryadlangan jism kiritish uchun unda bo’shliq qilishimiz lozim. Ammo uning sirtida qutblovchi zaryadlar paydo bo’ladi va shuning uchun jismga ta’sir qiluvchi kuch bo’shliqning shakliga bog’liq bo’ladi.

Suyuq va gazsimon dielektriklar holida ham bu o’rinli bo’ladi, chunki zaryadlangan jismni kiritayotib, shu jism bilan muhitning bir qismini siqib

chiqaramiz va unda ham «bo'shliq» hosil qilamiz. Bu «bo'shliq» shakliga ko'ra zaryadlangan jismga mos keladi. Biroq suyuqlik va gazlar holida jismga qo'shimcha yana mexanikaviy kuch ta'sir qiladi. Bu kuch elektr maydonda dielektrikning deformatsiyalanishidan hosil bo'ladi (elektrostriktsiya, 45-§ ga q.).

SHu bilan birga dielektrik ichidagi maydon kuchlanganligini sinash zaryadiga ta'sir qilayotgan kuch yordamida ham aniqlash mumkin. Buning uchun zaryadlarning siljish yo'nalishiga parallel qilib dielektrik ichida kesilgan tor uzun tirqishni ko'z oldimizga keltiraylik (54-rasm) va sinash zaryadi bo'shliq devorlariga tegmaydi, deb hisoblaylik.

Qutblovchi zaryadlar faqat bo'shliqning chetlaridagina paydo bo'ladi, agar uning diametri uzunligiga qaraganda kichik bo'lsa, unda bu zaryadlar hosil qiladigan maydon ham hisobga olmaydigan darajada kichik bo'ladi. SHuning uchun bo'shliq ichida dielektrikning tashqi sirtida faqat erkin zaryadlar $(\sigma-\sigma')$ hosil qilayotgan maydon kuchlanganligi bo'ladi, bu esa dielektrik ichidagi maydon kuchlanganligining xuddi o'zginasi ekanligidi biz ko'rgan edik. Dielektrik ichida maydon kuchlanganligi dielektrikda zaryadlarning siljish yo'ialishiga parallel qilib qirqilgan tor bo'shliq ichidagi maydon kuchlanganligiga teng. U shu bo'shliq ichidagi +1 zaryadga ta'sir qiluvchi kuchga teng.

Amalda dielektrik ichidagi maydong kuchlanganligini aniqlash uchun kondensator qoplamalaridagi kuchlanishni o'lchash yetarli bo'ladi. Unda yassi kondensator uchun maydon kuchlanganligini (40.2) formuladan, boshqa shakldagi kondensatorlar uchun esa vakuum uchun oldin olingan tegishli formulalar bo'yicha topish mumkin.

2. **Elektr siljish vektori**

Endi ikkita bir jinsli va bir jinsli qutblangan *1* va 2 dielektriklar chegarasini qarab chiqamiz (55-rasm). Har qaysi dielektrikning ajralish chegarasi yaqinida zichliklari σ_1' va a_2'bo'l-gan qutblovchi zaryadlar paydo bo'lib, bu zaryadlar qarama-qarshi ishoraga ega bo'ladi. Ajralish chegarasi sirtiy zichligi $(\sigma-\sigma')$ bo'lgan zaryad bilan zaryadlanib krladi, shundan qo'shimcha elektr maydon $(\sigma-\sigma')$ paydo bo'ladi. Bu maydon ajralish chegarasiga perpendikulyar bo'lib, har qaysi dielektrikda qarama-qarshi tomonga yo'nalgan (55- rasm).

Har qaysi dielektrikdagi to'liq maydon kuchlanganligini E_1 va E_2 orqali belgilaymiz va har qaysi maydonni ikki tashkil etuvchiga ajratamiz: (E_{t1} va E_{t2}) ajralish chegarasiga urinma va (E_{n1} va E_{n2})chegaraga normal. 1 dielektrikdan 2 dielektrikka yo'nalishni normal deb hisoblaymiz. Ajralish sirtidagi zaryadlarning elektr maydoni shu sirtga perpendikulyar bo'lgani uchun maydonni tashkil qiluvchi urinma o'zgarmaydi va ikkala dielektrikda ularning qiymati bir xil bo'ladi:

$$E_{t1} = E_{t2}. \quad (41.1)$$

Aksincha, maydonning normal tashkil etuvchilari turlicha bo'ladi; ularning farqi quyidagiga teng:

$$E_{n1} - E_{n2} = (\sigma_1' - \sigma_2')/\varepsilon_0 = (P_{n1} - P_{n2})/\varepsilon_0,$$

bunda P_{n1} va P_{n2} – har qaysi dielektrikdagi qutblanish vektorining normal tashkil etuvchilari. Ammo 13-§ ga ko'ra maydon kuchlanganligining normal tashkil

etuvchisi sirt birligi orqali o'tgan kuch chiziqlar oqimidan iborat. SHuning uchun *1* va2 dielektriklarda ajralish sirti birligi orqali o'tuvchi kuch chiziqlar miqdori bir-biriga teng emas, demak, kuch chiziqlarining bir qismi ajralish chegarasida uziladi.

13-§ da biz vakuumda elektr siljish tushunchasi $\varepsilon_0 \boldsymbol{E}$ ni kiritdik. Endi bu tushunchani ixtiyoriy dielektrik uchun umumlashtiramiz va dielektrikda elektr siljishni quyidagicha aniqlaymiz:

$$\boldsymbol{D} = \varepsilon_0 \boldsymbol{E} + \boldsymbol{P}. \qquad (41.2)$$

Unda yuqorida aytilganlardan, ajralish chegarasiga o'tkazilgan elektr siljish vektorining normal tashkil etuvchilari uzluksiz bo'ladi:

$$D_{n1} = D_{n2} \qquad (41.3)$$

D_{n1} kattalik dielektrik *1* da ajralish sirti birligini kesib o'tuvchi siljish chiziqlari soniga, D_{n2} esa dielektrik2 da shu maydonning o'zi uchun siljish chiziqlari soniga teng bo'lgani tufayli (41.3)dan quyidagi kelib chiqadi: dielektriklarning ajralish chegarasida elektr siljish chiziqlari uzilmaydi. SHuning uchun bir jinsli bo'lmagan dielektriklarda elektr maydonni tavsiflashuchun maydon kuchlanganligi $\boldsymbol{E}$ o'rniga elektr siljish $\boldsymbol{D}$ dan foydalanish ancha qulaydir. Elektr siljishni kiritishning ham asosiy ma'nosi shunda.

Dielektrikda hajmiy qutblovchi elektr siljish chiziqlarining uzluksiz qolishini ko'rsatish oson. Haqiqatan ham, (39.3) ga ko'ra dielektrikda zaryadlarning hajmiy zichligi quyidagiga teng:

$$\rho' = -\left(\frac{\partial P_x}{\partial x} + \frac{\partial P_y}{\partial y} + \frac{\partial P_z}{\partial z}\right).$$

SHuning uchun Ostrogradskiy—Gauss teoremasiga ko'ra

$$\varepsilon_0\left(\frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z}\right) = -\left(\frac{\partial P_x}{\partial x} + \frac{\partial P_y}{\partial y} + \frac{\partial P_z}{\partial z}\right)$$

yoki

$$\frac{\partial}{\partial x}(\varepsilon_0 E_x + P_x) + \frac{\partial}{\partial y}(\varepsilon_0 E_y + P_y) + \frac{\partial}{\partial z}(\varepsilon_0 E_z + P_z) = 0.$$

Ammo olingan natija yopiq sirt orqali $\boldsymbol{D} = \varepsilon_0 \boldsymbol{E} + \boldsymbol{P}$ oqim vektori nolga tengligini ko'rsatadi, demak, siljish chiziqlari hech qaerda paydo bo'lmaydi va dielektrik ichida uzilmaydi.

Yana bir jinsli dielektrik bilan to'ldirilgan yassi kondensatorni qarab chiqamiz (53-rasm). Unda 40-§ ga ko'ra, dielektrik ichidagi maydon kuchlanganligi quyidagiga teng:

$$E = E_0 - \frac{\sigma'}{\varepsilon_0} = E_0 - \frac{P}{\varepsilon_0}.$$

Binobarin,

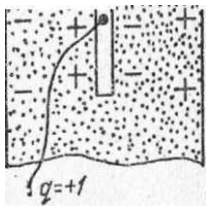
$$D = \varepsilon_0 E + P = \varepsilon_0 E_0, \qquad (41.4)$$

ya'ni bir jinsli dielektrik holida dielektrik ichidagi maydon kuchlanganligi kondensator qoplamalarining o'zi hosil qilayotgan vakuumdagi elektr siljish bilan mos keladi. Agar q – kondensator qoplamalarining zaryadi, S – har qaysi qoplamaning yuzi bo'lsa, unda

$$D = \sigma = q / S \qquad (41.5)$$

bo'ladi.

Bu formuladan D ni amalda o'lchash usuli kelib chiqadi. Dielektrik ichidagi elektr siljishni o'lchash uchun dielektrikni chegaralab turgan qoplamalardagi zaryad kattaligini o'lchash yetarli.



56-rasm. Dielektrikni

Elektr siljish vektori ta'rifini boshqa shaklda ham berish mumkin. Bir jinsli dielektrikda zaryadlarning siljish yo'nalishiga perpendikulyar qilib kesilgan tor tirqishni qarab chiqamiz (56-rasm). Unda (41.3) formulaga ko'ra dielektrik ichida elektr siljish qanday bo'lsa, tirqish ichida ham xuddi shunday bo'ladi. Shuning uchun dielektrik ichidagi elektr siljish dielektrikda zaryadlarning siljish yo'nalishiga perpendikulyar qilib kesilgan uzun tor bo'shliq ichidagi elektr siljishga teng. Bu bo'shliq $+1$ zaryadga ta'sir qiluvchi kuch D/ε_0 ga teng.

3. **Izotrop va anizotrop dielektriklar**

Katta (massiv) shisha bo'lagidan turli shaklda kesib olingan plastinkalardagi elektr siljishni o'lchasak, unda maydonning qiymati Yebir xil bo'lganda hamma plastinkalardagi elektr siljish bir xil bo'ladi. (41.2) ga ko'ra qutblanish vektori $\boldsymbol{P}$ ham hamma plastinkada bir xil, binobarin, qutblanish maydonning yo'nalishiga bog'liq bo'lmaydi. Bunday dielektriklarni izotrop dielektriklar deyiladi. Izotrop dielektriklarda zaryadlar elektr maydon yo'nalishida siljiydi va shuning uchun $\boldsymbol{E}$ va $\boldsymbol{P}$ vektorlar parallel.

Tajriba ko'rsatadiki, elektr maydon keng intervalda o'zgarganda qutblanishni muayyan nuqtada maydon kuchlanganligi Yega proporsional deb hisoblash mumkin. SHuning uchun izotrop dielektrik uchun

$$\boldsymbol{P} = \alpha\varepsilon_0 \boldsymbol{E} \qquad (42.1)$$

deb yozish mumkin, α – skalyar kattalik. U muayyan moddaning dielektrik qabul qiluvchanligi deb ataladi. α o'lchamsiz bo'lishi uchun bu formulaga ε_0 ni kiritamiz. (42.1) ni (41.2) ga qo'yib

$$\boldsymbol{D} = \varepsilon\varepsilon_0 \boldsymbol{E} \qquad (42.2)$$

ni olamiz, bunda ε_0 orqali quyidagi belgilangan:

$$\varepsilon = 1 + \alpha. \qquad (42.3)$$

Bunday tarzda aniqlanayotgan ε kattalik moddaning dielektrik singdiruvchanligidir (nisbiy). Uni biz 31-§ da kondensatorning sig'imi dielektrikning xossalariga bog'liqligini qarayotganda kiritgan edik. Haqiqatan ham, aniqlik uchun kondensatorni dielektrik bilan to'ldirishda kondensator kuchlanish manbaiga ulanganligicha qoladi deymiz. Bu qoplamalar orasidagi kuchlanish, binobarin, kondensatordagi maydon kuchlanishi o'zgarmaydi. degan so'zdir. Unda (42.2) formuladan, kondensator ichida elektr siljish ε marta o'zgarishi kelib chiqadi. Ammo bu (41.5) formulaga ko'ra, qoplamalarning zaryadi ham, binobarin, kondensatorning sig'imi ham shuncha marta o'zgaradi, demakdir.

Nazorat savollari:

1.Moddalarni elektr xossalariga ko'ra sinflarga agratishning tajribaviy asosi

nimadan iborat?
2.O’tkazgichlar va dielektriklarning ichki tuzilishida qanday farqlar bo’lishi mumkin?
3.Elektr maydonidan muhofazalanish mumkinmi, mumkin bo’lsa qanday qilib?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O’quv yurtlarining fizika ixtisosi bo’yicha darslik. O’qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O’quv yurtlari uchun qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel’ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O’quv yurtlari uchun qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.

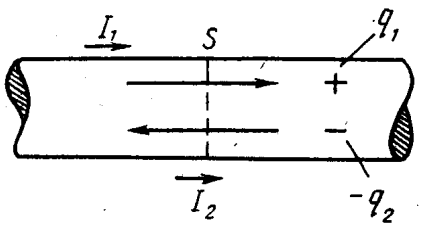
9-maruza. Elektr tokining xarakteristikalari. Tok kuchi va tok zichligi. Elektr tokining ta’sir turlari. O’tkazuvchanlik elektr toki.

Reja :

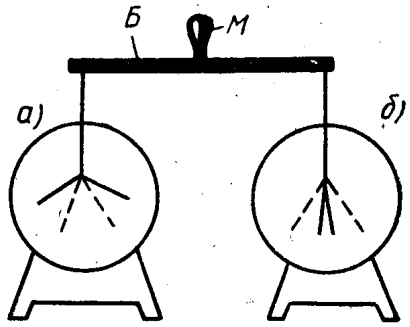
1.Elektr tokningxarakteristikalari
2.Uzluksizlik tenglamasi
3. Elektr tokning ta’sir turlari
4. Ballistik galvanometr

Tok to’g’risida tushuncha.

Elektr zaryadlarining bir tomonlama oqimi elektr toki deb yuritiladi. Zaryadlarning qaysi tomonga harakat qilishidan qat’i nazar, elektr tokining yo’nalishi shartli ravishda musbat zaryadlarning harakat yo’nalishida deb qabul qilingan $+q_1$ va $-q_2$ zaryadlar qaysi tomon harakat qilsa ham, bari-bir tok mavjud bo’ladi, ammo uning yo’nalishi kelishilgan tomonga qarab yo’nalganligi ko’rsatiladi. Masalan, eritmalarda, umuman biror muhitdagi $-q_2$ zaryadlar bir tomonga harakat qilib I_2 tokni, $+q_1$ zaryadlar unga qarama-qarshi tomonga harakat qilib I_1 tokni hosil qilsa, bu toklarning yo’nalishi bir tomonlama deb olinadi, ya’ni tok hosil qiladigan zaryadlar $q = q_1 + (-q_2)$ elektr tok esa $I = I_1 + I_2$ bo’ladi (50-rasm).



50- расм.



51- расм.

Metallarda erkin elektronlar tartibsiz harakatlanadi, bunda tok hosil bo'lmaydi, elektronlar bir tomonlama harakatlanganda bu elektronlarning harakat yo'nalishiga teskari yo'nalgan elektr toki mavjud deb hisoblaymiz.

Bir tajriba o'tkazaylik. Har xil potensiallargacha zaryadlangan ikki metall bir-biriga tekkizilsa, ularning bittasidan ikkinchisiga qisqa vaqtda oniy tok o'tadi. Ikkita elektroskopdan biri a ni zaryadlasak, potensial ortishiga qarab, uning yaproqchalari biror burchakka og'adi (51-rasm), ikkinchi b zaryadsiz elektroskop yaproqchalari tinch turadi. Ana shu holda biror M izolyator dasta o'rnatilgan B metall tayoqcha bilan bu ikkala elektroskop sharchalarini o'zaro ulasak, shu ondayoq zaryadlangan elektroskopdan ikkinchi zaryadsiz elektroskopga oniy tok o'tib, uni zaryadlaydi, buning yaproqchalari ham sal og'ib birinchidagi yaproqlar sal bir-biriga yaqinlashadi (51-rasm, shtrix chiziq). Bu erda ham B o'tkazgich orqali qisqa vaqtda oniy tok o'tib, u keyin o'tmay-qoladi.

Agar a dan b ga Δt vaqtda qancha zaryad o'tganda, uning o'rniga yana shuncha zaryad keltirib shu vaqt ichida b ga kelgan zaryad olib turilsa, B ulagich orqali tok uzluksiz o'tar edi. Bu tajribamizda a ning potensi-ali U_a va b potensiali noldan boshlab a ning potensiali pasayadi, b ning potensiali orta borib, ularning potensiali tenglashishi bilan tok bo'lmay qoladi. Demak, elektr toki bu ikki nuqtadagi potensiallar turli, ammo potensial ayirmasi o'zgarmay doimiy bo'lib tursa, shundagina bu ikki nuqtani ulagan o'tkazgich orqali tok uzluksiz, ya'ni doimiy o'tib turar ekan.

Xulosa qilib aytganda, ikki nuqtadagi potensiallar har xil, ya'ni potensial ayirmasi mavjud bo'lsa, bu nuqtani ulagan o'tkazgich orqali potensiali yuqori bo'lgan nuqtadan potensiali past bo'lgan nuqta tomon yo'nalgan elektr toki o'tadi.

Elektronlarning o'tkazgichdagi bir tomonlama harakati uzluksiz bo'lishi uchun undagi elektr maydon ta'siri ham doimiy bo'lishi kerak.

Erkin musbat zaryadlarning elektr maydondagi harakati, potensiali yuqori bo'lgan nuqtadan potensiali kam bo'lgan nuqta tomon bo'ladi. Metallarda elektronlarning harakat yo'nalishi tokning yo'nalishiga teskari bo'ladi.

O'tkazgichning uchlariga ma'lum potensiallar ayirmalari qo'yilgan zahoti elektr maydon yorug'lik tezligi bilan o'tkazgichda tarqaladi va bu maydon o'z navbatida o'tkazgichning hamma joyida mavjud bo'lgan erkin elektronlarni kichik potensialli

joylardan katta potensialli joylarga qarab harakat qilishga majbur qiladi, natijada o'tkazgich bo'ylab bir tomonlama yo'nalishda elektr toki o'ta boshlaydi. Lekin o'tkazgichdagi erkin elektronlar maydon tezligi bilan harakat kila olmaydi. O'tkazgichda elektr maydon kuchlanganligi $100\frac{Вольт}{м}$ bo'lganda, elektronlarning harakat tezligi atigi 0,1 m/s ga yaqin bo'ladi.

Elektr stansiyalardan beriladigan tokning uzoq masofalarga borishi uchun dinamo-mashina o'ramlarida qo'zg'algan elektronlarning bevosita iste'molchiga kelib etishlari shart emas, o'tkazgichning hamma eridagi erkin elektronlar o'z joyidan bir tomonga harakatda bo'lishi etarlidir.

Tokning zichligi, o'tkazuvchanlik

Elektr tokini miqdoriy tomondan xarakterlash uchun tok kuchi degan kattalikdan foydalaniladi. Tok kuchining son qiymatini o'lchash uchun o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzi orqali vaqt birligi ichida o'tgan zaryad miqdori olingan. Agar Δt vaqt ichida o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzi orqali Δq zaryad o'tsa, ta'rifimizga muvofiq shu paytdagi tok kuchi

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \qquad (2.1)$$

bo'ladi. Teng vaqtlarda o'tadigan zaryad miqdorlari Δq har xil bo'lsa, (2.1) o'rnida tok kuchining o'rtacha qiymatini olamiz:

$$\langle I \rangle = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Δq bir xil bo'lsa, I=const bo'ladi. Bu xolda tok kuchini (2.1) ko'rinishda ifodalash mumkin.

Metall ichida elektron betartib harakat qilib, kristall tugunidagi atom bilan to'qnashguncha taxminan kvadratik tezlik $\bar{u}_{кв}$ ga yaqin o'rtacha $\bar{u}$ tezlik bilan harakat qilib, o'rtacha erkin yugurish yo'li $\bar{\lambda}$ ni $\tau = \frac{\bar{\lambda}}{\bar{u}}$ vaqt ichida bosib o'tadi.

Agar metall ichida bir jinsli kuchlanganligi $\vec{E}$ bo'lgan elektr maydon hosil qilinsa, elektron maydon ta'sirida qo'shimcha $\vec{\upsilon}$ tezlikka ega bo'lib, natijaviy $\bar{c} = \vec{u} + \vec{\upsilon}$ tezlik bilan harakat qiladi. Xaotik harakat qilayotgan elektron goh maydon bo'ylab, goh maydonga teskari yo'nalgan $\vec{\upsilon}$ tezlik bilan harakat qilayotgangi sababli, τ vaqt oralig'ida u ning o'rtacha qiymati nolga teng va $\bar{c} = \bar{\upsilon}$ bo'ladi. Elektr toki tok kuchi va tok zichligi kabi tushunchalar bilan miqdoriy, hamda zaryadlarning yo'nalishi bilan xarakterlanadi.

Ko'ndalang kesim yuzi S, uzunligi $\bar{\upsilon}dt$ ga teng bo'lgan silindrsimon o'tkazgich bo'lagini olib, uning ichida $\vec{E}$ elektr maydon hosil qilaylik. Maydon ta'sirida tartibli harakat qilayotgan $S\bar{\upsilon}dt$ hajm ichidagi elektronlarning hammasi dt vaqt ichida bir asosdan ikkinchi asosga maydon yo'nalishida ko'chib ulguradi:

$$dq = enS\bar{\upsilon}dt,$$

bu erda n-birlik hajmdagi elektronlarning konsentrasiyasi. YUqoridagi ifodadan tok kuchi va tok zichliklari quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = \frac{dq}{dt} = enS\bar{\upsilon} \qquad i = \frac{I}{S} = en\bar{\upsilon} \qquad (2.2)$$

e va $\bar{\upsilon}$ larning ko'paytmasi har doim $e\bar{\upsilon}>0$ bo'lganligidan tok maydon bo'ylab, musbatdan manfiyga tomon yo'nalgan bo'ladi.

Elektrotexnikada tok kuchining birligi uchun o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzi orqali bir sekundda 1 Kulon zaryad o'tishida hosil bo'lgan tok kuchi «amper» (A) deb olingan, ya'ni $I = 1\ \frac{Кл}{c} = 1\,\text{A}$ yozuv ham uchraydi (1 A ning SI sistemasidagi xozirgi ta'rifi 58- § da berilgan).

Tok zichligining birligi esa $j = 1\frac{A}{м^2}$.

Agar q o'zgaruvchan bo'lsa, har ondagi tok kuchi zichligi har xil bo'lib, u $j = \frac{dI}{dS_n}$ deb yoziladi. SI sistemada tok kuchi va uning o'lchov birligini belgilash uchun elektr toklarining ma'lum uzoqlikdan o'zaro elektrodinamik ta'siri asosida belgilanadi.

Tajriba asosida Om qonuni, ya'ni o'tkazgich orqali o'tayotgan tok kuchi I o'tkazgichdagi elektr maydon kuchlanganligi E ga proporsional deb yozish mumkin:

$$I = \sigma E \qquad (2.3)$$

Bu erda σ — elektr o'tkazuvchanlik, u o'tkazgichning tabiatiga bog'liq, har bir o'tkazgich uchun doimiy kattalik.

Elektr tokini, ya'ni elektr zaryad o'tishini elektr zaryadlar ko'chishi deb qarasak, gazlarning molekulyar kinetik nazariyasidagi ko'chish hodisalari qonuni kabi Δl uzunlikdagi o'tkazgichning uchlaridagi potensiallar ayirmasi U bo'lsa, uning ko'ndalang kesim yuzi ΔS orqali Δt vaqt ichida o'tuvchi ko'chuvchi zaryad miqdori Δq tubandagicha yoziladi:

$$\Delta q = -\sigma \frac{U}{\Delta l} \Delta S\, \Delta t \qquad (2.4)$$

Bu tenglamadagi minus ishora kuchlanishning o'tkazgich uzunligi bo'yicha kamaya borishini ko'rsatadi.

Bu (2.4) tenglamaning har ikki tomonini Δt ga bo'lsak, $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = -\sigma \frac{U}{\Delta l} \Delta S$ kelib chiqadi, buni $I = \frac{U}{\frac{\Delta l}{\sigma \Delta S}}$ shaklida yozib, $\sigma, \Delta l, \Delta S$ larning qiymati shu o'tkazgich uchun doimiy bo'lishini hisobga olib, Om uni qarshilik, ya'ni

$$\frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta S} = R \qquad (2.5)$$

deb belgilagan. Bu holda

$$I = \frac{U}{R} \qquad (2.6)$$

tenglama chiqadi. Bundagi R kattalik o'z navbatida (2.5) tenglamaga asosan Δl, ΔS va σ ga qarab katta, kichik bo'lishi mumkin. R katta bo'lsa, tok kuchi kamayadi degan xulosaga kelinadi, demak, tokni kamaytirib uning o'tishiga to'sqinlik

ko’rsatadigan kattalikni Om birinchi marta «qarshilik» deb atagan.

O’tkazgichdan o’tadigan tok kuchi o’tkazgich uchlaridagi kuchlanishga to’g’ri, uning qarshiligiga teskari proporsional degan (2.6) ifoda bir qator tajribalar asosida tekshirib tasdiqlangan va uni zanjir bo’lagi (bir qismi) uchun Om qonuni deb qabul qilingan.

(2.5) formuladagi elektr o’tkazuvchanlik koeffisienti σ ning teskari qiymati $\frac{1}{\sigma} = \rho$ solishtirma qarshilik deyiladi. (2.5) tenglamadan $\rho = \frac{\Delta S}{\Delta l} R$ bo’lib, uzunligi 1 m va kesim yuzi 1 m^2 bo’lgan o’tkazgichning qarshiligiga teng bo’lib, o’tkazgichning tabiatiga bog’liq bo’lgan kattalikdir. Ilgari elektrotexnikada ko’ndalang kesim yuzi 1 mm^2 va uzunligi 1 metr bo’lgan o’tkazgichning qarshiligiga uning solishtirma qarshiligi deyiladi. Bunda ρ ning birligi $\frac{мм^2}{м}$ Ом .

Nazorat savollari:

1.Elektr tokning xarakteristikalarini ayting?

2.Uzluksizlik tenglamasi mohiyatini tushuntiring?

3. Elektr tokning ta’sir turlarini ayting?

4. Ballistik galvanometrni ishlash prinsipini ayting?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O’quv yurtlarining fizika ixtisosi bo’yicha darslik. O’qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.

2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.

3. Saxarov D.I. Oliy O’quv yurtlari uchun qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.

4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str

5. Savel’ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O’quv yurtlari uchun qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.

6. N. Sultanov “Fizika kursi”, “Fan va texnologiya”, nashriyoti, 2007.

10-maruza. Om qonuni. Elektr kuchlanish. Qarshiliklarni o’lchash (ulash). O’tkazgich qarshiligi. Qarshilikning temperaturaga bog’liqligi.

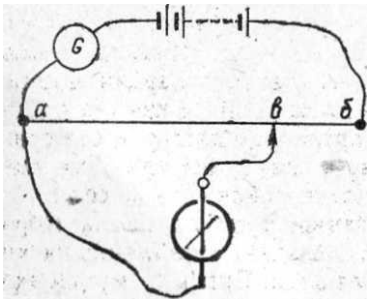
Reja:

1. om qonuni
2. Qarshiliklarni o’lchash
3. Simlarning qarshiligi
4. Qarshilikning temperaturaga bog’liqligi
5. Om qonunining differentsial shakli
6. **Aloqa liniyalarida yerlash (yerga ulash)**

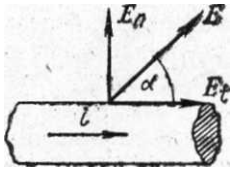
om qonuni

Agar o’tkazgichda tok bo’lsa unda uning turli nuqtalaridagi potentsial turlicha bo’ladi. Elektrometr korpusini *ab* tokli o’tkazgichning *a* uchiga ulab, strelkasini (sterjenini) biror boshqa *b* nuqtaga ulab (81-rasm), biz bu nuqtalar orasida kuchlanish borligini, *b* nuqta simning ikkinchi uchiga qanchalik yaqin bo’lsa, bu kuchlanish shunchalik katta bo’lishini payqaymiz. Tok borligida o’tkazgich bo’ylab kuchlanish tushuvi mavjud bo’ladi.

Kuchlanish tushuvi, 19-§da aytilganlarga ko’ra, maydon



81-расм. Токлн "утказгич бўйича кучланишнинг тушуви.'



82- расм. ТОкли ўтказгичнинг элеКтр ■■' " ■ майдонн.

kuchlanganligining o'tkazgich bo'yicha yo'nalgan tashkil etuvchisi E_t mavjudligini bildiradi (82-rasm). Bu esa tokli o'tkazgich sirtidagi maydon kuchlanganligi, binobarin, kuch chiziqlar o'tkazgich sirtiga perpendikulyar emasligini bildiradi. Bu kuch chiziqlar tok yo'nalishida biror α burchakka og'gan bo'lib, bunda $tg\alpha = E_n / E_t$.

Tokni doimiy tutib turish uchun, ya'ni elektronlar tezligini o'zgartirmasdan saqlash uchun kuch uzluksiz ta'sir qilib turishi zarurligini ko'ramiz (bu kuch eE_t ga teng, bunda e^-elektronning zaryadi). Bu, o'tkazgichlarda elektronlar ishqalanish bilan harakat-lanadi yoki boshqacha aytganda, o'tkazgichlar elektr qarshilikka ega degan ma'noni anglatadi.

Agar o'tkazgichning holati o'zgarishsiz qolsa (uning temperaturasi va h.k.lar o'zgarmasa), unda har qaysi o'tkazgich uchun uning uchlariga qo'yilgan U kuchlanish va undagi i tok orasida bir qiymatli bog'lanish mavjud: $i = f(U)$. Buni berilgan o'tkazgichning *voltamper xarakteristikasi* deyiladi.

Ko'pgina o'tkazgichlar uchun, ayniqsa, metallar uchun bu bog'lanish juda sodda ko'rinishga ega — tok kuchi qo'yilgan kuchlanishga proportsional, ya'ni

$$i = \Lambda U. \qquad (57.1)$$

Bu qonun *Om qonuni* deb ataladi.

Proportsionallik koeffitsienti Λ ni o'tkazgichning *elektr o'tkazuvchanligi* deyiladi, elektr o'tkazuvchanlikka teskari kattalikni *elektr qarshilik* deyiladi. Agar o'tkazgich qarshiligi orqali belgilansa, unda

$$\Lambda = 1/R. \qquad (57.2)$$

Elektr o'tkazuvchanlik va qarshilik o'tkazgich moddasiga, uning geometrik o'lchamlari va shakliga, shuningdek, o'tkazgichning holatiga bog'liq.

Qarshilik birligi bo'lib om xizmat qiladi. Bu shunday o'tkazgichning qarshiligiki, uning uchlari orasida kuchlanish 1 v bo'lganda 1 A tok kuchi mavjud bo'ladi:

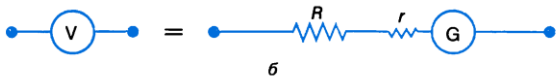
1 Om=1V/A.

Elektr o'tkazuvchanlik birligi Om ga teskari bo'ladi (Om^{-1}). Agar (57.1) da U ni volьt hisobida, i ni amper hisobida o'lchansa, unda elektr o'tkazuvchanlik Λom ga teskari ifodalanadi, qarshilik R esa om hisobida ifodalanadi. Katta qarshiliklarni o'lchashda yirik birliklar ishlatiladi:

1 kiloom (kOm) =10^3 Om va 1 megaom (MOm) = 10^6 Om.

Voltmetr yordamida kuchlanishlarni o'lchash Om qonunidan foydalanishga asoslangan. Katta qarshilik ketma-ket qilib ulangan galьvanometr Voltmetr bo'ladi (83-rasm). Voltmetrni zanjir uchastkasining biror *a* va *b* nuqtalariga ulanganda Voltmetrda tokning bir qismi tarmoqlanadi; tarmoqlangan tok kuchi gOm qonuniga ko'ra shu nuqtalar orasidagi kuchlanishga proportsional:

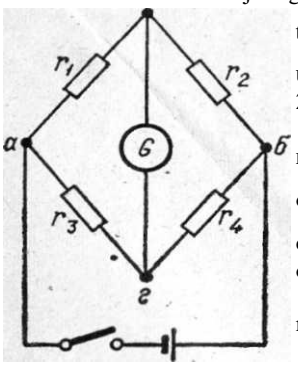
$i = U / r.$



83-rasm.

SHuning uchun Voltmetrning tokka sezgirligini va uning qarshiligi r ni bilgan holda kuchlanish U ni aniqlash mumkin. Bu kuchlanish bevosita asbob shkalasiga yozilgan bo'ladi.

Voltmetrni ulash zanjirdagi tok kuchini va kuchlanish taqsimlanishini o'zgartirmasligi uchun Voltmetrdagi tok zanjirdagi tokka qaraganda kam bo'lishi lozim, buning uchun Voltmetrning qarshiligi r zanjirning ab uchastkasi qarshiligi R ga qaraganda ancha katta bo'lishi lozim.



84-расм. Қаршиликлар кўпрнгиннинг схемаси.

2. Qarshiliklarni o'lchash

Biror o'tkazgichning qarshiligini ampermetr va Voltmetr yordamida osongina o'lchash mumkin. Agar ampermetr ko'rsatayotgan tok kuchi I amper hisobida, Voltmetr bilan o'lchanayotgan o'tkazgich uchlaridagi kuchlanish U volьt hisobida bo'lsa, unda o'tkazgichning qarshiligi om hisobida bo'lib, $R = U/i$ ga teng. Bunda Voltmetrga tarmoqlanayotgan tok o'tkazgichdagi tokka qaraganda kichik deb faraz qilinadi. Agar Voltmetr tokini hisobga olmaslik mumkin bo'lmasa, yozilgan formulada i deb o'tkazgichdagi tokni tushunish lozim, u $i = i_A - i_V$ ga teng, bunda $i_A -$ ampermetr ko'rsatishi, $i_V -$ Voltmetr ko'rsatishi. Voltmetrdagi tokni Voltmetr qarshiligini bilgan holda Om qonunidan topish mumkin. SHuningdek, Voltmetrdagi tokni Voltmetrning tokka sezgirligini, ya'ni Voltmetr bir bo'limga og'ishiga tegishli tokni bilgan holda aniqlash mumkin.

Bu metodning aniqligi ampermetr va Voltmetrning aniqligi bilan belgilanadi va odatda uncha katta bo'lmaydi (⊔ 1%). SHuning uchun qarshiliklarni aniq o'lchashda qarshiliklarni taqqoslash metodi ishlatiladi. Bunda tok va kuchlanishni o'lchash talab qilinmaydi. Bu metod 84-rasmda tasvirlangan ko'prik sxemasida amalga oshiriladi. Bu yerda r_1, r_2, r_3 va r_4 to'rtta qarshilik bo'lib, ulardan biri noma'lum, $G -$ sezgir galьvanometr. Ko'prik yelkalari qarshiliklari shunday tarzda o'zgartiriladi va tanlanadiki, galьvanometr toki nolga teng bo'lsin. Bu holda

$$r_1 / r_2 = r_3 / r_4. \qquad (58.1)$$

SHuning uchun ko'prikning uchta yelkasi qarshiligini bilgan holda to'rtinchi noma'lum qarshilikni aniqlash mumkin.

(58.1) shartni quyidagicha tarzda olish mumkin: i_1, i_2, i_3 va $i_4 -$ ko'prik yelkalari r_1, r_2, r_3 va r_4 dagi tok kuchlari. Agar galьvanometr toki nolga teng bo'lsa, unda *v* va g nuqtalarda toklar tarmoqlanmaydi va shuning uchun $i_1 = i_2,\ i_3 = i_4.$

Ko'prik yelkalari uchlari orasidagi kuchlanish:

$$U_{àâ} = i_1 r_1, \quad U_{âá} = i_2 r_2 = i_1 r_2,$$
$$U_{àã} = i_3 r_3, \quad U_{ãá} = i_4 r_4 = i_3 r_4.$$

Galьvanometrda tok bo'lmaganda *v* va g nuqtalar orasidagi kuchlanishi nolga teng. Bu quyidagini beradi:

$$U_{àâ} = i_1 r_1 = U_{àã} = i_3 r_3,$$
$$U_{âá} = i_1 r_2 = U_{ãá} = i_3 r_4.$$

Ikkala tenglikni hadma-had bo'lib, (58.1) munosabatni olamiz. Unga ko'prik yelkalari qarshiliklari bilan birga ulovchi simlarning qarshiligi ham kiradi. SHuning uchun o'lchanayotgan qarshilik va ko'prikning qolgan yelkalarining qarshiliklari ulovchi simlarning qarshiligiga qaraganda katta bo'lishi lozim.

3. Simlarning qarshiligi

O'tkazgichlarning qarshiligi ularning shakli va o'lchamlariga bog'liqligi haqida 57-§ da aytib o'tilgan edi. Agar o'tkazgichlar ko'ndalang kesimi o'zgarmas bo'lgan tsilindr shakliga ega bo'lsa (simlar), bog'lanish juda sodda ko'rinishda bo'ladi. Unda

$$R = \rho l / S, \qquad (59.1)$$

bunda $l -$ o'tkazgichning uzunligi, $S -$ uning ko'ndalang kesimi. Proportsionallik koeffitsienti ρ moddaning turiga va uning holatiga bog'liq bo'lib, berilgan moddaning *solishtirma qarshiligi* deyiladi. Solishtirma qarshilikka teskari kattalik moddaning *solishtirma elektr o'tkazuvchanligi* deb ataladi.

Solishtirma qarshilik birligi Om·m. Agar (59.1) da $l = 1,\ S = 1$ deyilsa, unda $R = \rho$. Binobarin, mazkur moddadan qilingan qirrasi 1 m bo'lgan kubning Om hisobida o'lchangan qarshiligi shu moddaning solishtirma qarshiligidir. Bunda tok kubning qirralaridan biriga parallel bo'ladi. Quyidagi jadvalda ba'zi moddalarning solishtirma qarshiliklari keltirilgan.

Modda	Xona temperaturasidagi solishtirma qarshiligi ρ (Om.m)	Modda	Xona temperaturasidagi solishtirma qarshiligi ρ (Om.m)

Kumush Mis sim Platina Konstantan (60%Si, 40% Ni qotishmasi) Nixrom (67,5% Ni, 15% Sg, 16% G'e, 1,5% Mn) Grafit	$(1,66\text{-}1,63)\cdot 10^{-8}$ $1,78\cdot 10^{-8}$ $11,0\cdot 10^{-8}$ $49,0\cdot 10^{-8}$ $110\cdot 10^{-8}$ $\sim 3\cdot 10^{-5}$	NaS1 ning suvdagi 10% li eritmasi Ximiyaviy toza suv Natron shisha CHinni Kahrabo, eritil-gan kvarts	0,0825 $\sim 10^{6}$ $\sim 10^{9}$ $\sim 10^{13}$ $>10^{18}$

(59.1) oddiy bog'lanishdan amalda simlardan turli qarshiliklar tayyorlashda foydalaniladi. Agar tajriba vaqtida qarshilikni o'zgartirish lozim bo'lsa, unda sirpanuvchi kontaktli reostat ishlatiladi. U issiqbardosh izolyatsiyalovchi tsilindr (chinni, steatit) ga o'ralgan solishtirma qarshiligi yuqori bo'lgan (nixrom, nikelin) qotishmadan qilingan bir qatlamli yalang'och simdan va sirpa-nuvchi kontaktdan iborat.

85-rasmda kuchlanish bo'lgichning sxemasi ko'rsatilgan. Agar reostatning *a* va *b* uchlari orasidagi kuchlanish U_0 bo'lsa, unda v va *g* ochiq nuqtalar orasidagi kuchlanish U quyidagiga teng:

$$U = U_0 r_1 / r,$$

bunda r — reostatning to'liq qarshiligi, r_1 — qisqich *b* va sirpanuvchi kontakt orasidagi qismining qarshiligi.

4. Qarshilikning temperaturaga bog'liqligi

Solishtirma qarshilik moddaning turigagina bog'liq bo'lmay, uning holatiga, jumladan, temperaturasiga ham bog'liq bo'ladi. Solishtirma qarshilikning temperaturaga bog'liqligini berilgan modda *qarshiligining temperatura koeffitsienti* bilan xarakterlash mumkin:

$$\alpha = \frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dT}.$$

U temperatura bir gradus ortganda qarshilikning nisbiy orttirmasi qancha bo'lishini ko'rsatadi.

Berilgan modda uchun qarshilikning temperatura koeffitsienti turli temperaturalar uchun turlicha, ya'ni solishtirma qarshilik temperatura o'zgarishi bilan chiziqli qonun bo'yicha o'zgarmay, balki unga yanada murakkabroq bog'liq bo'ladi. Biroq ko'pgina o'tkazgichlar uchun (ularga barcha metallar kiradi) temperaturaga qarab α ning o'zgarishi uncha katta bo'lmaydi. Agar temperaturaning o'zgarish intervali yetarlicha kichik bo'lsa, unda α ni taqriban doimiy deb hisoblash mumkin. U qaralayotgan temperatura sohasi ichida uning o'rtacha qiymatiga teng. Masalan, agar 0° S dagi solishtirma qarshilik ρ_0 bo'lsa, t°S dagi uning qiymati ρ bo'lsa, unda

$$\rho = \rho_0(1+\alpha t), \qquad (60.2)$$

deb hisoblash mumkin.

Qarshilikning temperatura koeffitsienti musbat bo'lishi ham, manfiy bo'lishi ham mumkin. Barcha metallarda temperatura ortishi bilan qarshilik ortadi, binobarin, metallar uchun $\alpha > 0$. Birinchi klass o'tkazgichlardan ba'zilari uchun buning teskarisi kuzatiladi, biror temperatura intervalida temperatura ortishi

bilan ularning qarshiligi kamayadi. Nihoyat, metallardan farqli o'laroq, hamma elektrolitlarda ular qizdirilganida qarshiligi kamayadi, ular uchun $\alpha < 0$.

Quyidagi jadvalda ba'zi moddalar uchun a ning qiymatlari keltirilgan. Barcha sof metallar uchun qarshilikning temperatura koeffitsienti 1/273 = 0,00367 ga, ya'ni gazlar kengayishining temperatura koeffitsienti kattaligiga yaqin. SHuni ham qayd qilib o'tish kerakki, ba'zi qotishmalar, masalan, konstantanning α si juda kichik bo'ladi. SHuning uchun bunday qotishmalardan qilingan simlar qarshiliklarning aniq namunalari (etalonlar) ni tayyorlashda ishlatiladi.

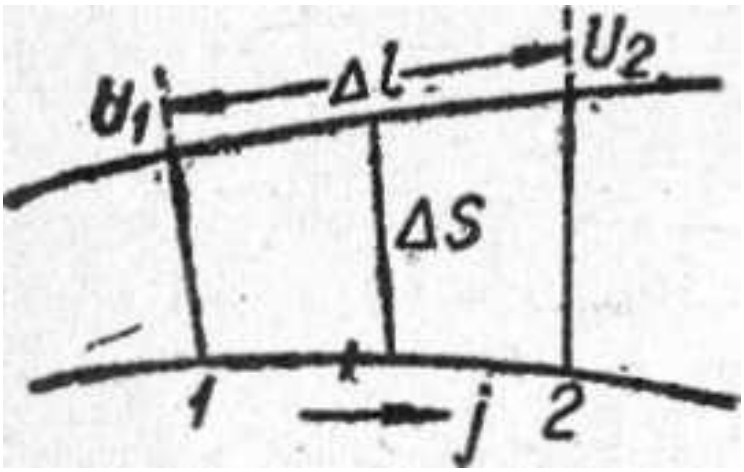
Metallar qarshiligining temperaturaga bog'liqligidan turli o'lchash asboblari va avtomatik qurilmalarda foydalaniladi. Ulardan eng muhimi qarshiliklar termometridir. U platina simdan qilingan qarshilikdan iborat bo'lib, ko'prik sxemasiga yelkalarning biri sifatida ulanadi. Platinaning qarshiligi vaqt bo'yicha juda doimiy bo'lib, keng temperaturalar intervalida yaxshi o'rganilgan. SHuning uchun platina simning qarshiligini o'lchab temperaturani ham juda aniq o'lchash mumkin. Qarshiliklar termometrining afzalligi shundaki, suyuqlikli oddiy termometrlardan foydalanish mumkin bo'lmagan juda past, shuningdek, juda yuqori temperaturalarda ulardan foydalanish mumkin.

Ba'zi moddalarda juda past temperaturalarda ajoyib o'tao'tkazuvchanlik holati sodir bo'lib, unda elektr qarshiligi butunlay yo'qoladi. Bu masalani keyinroq qarab chiqamiz (148-§.).

5. Om qonunining differentsial shakli

Om qonuni (57.1) va (59.1) formula simlardagi va umuman tok naychalari o'zgarmas kesimli tsilindrdan iborat bo'lgan hollardagi tok kuchini topishga imkon beradi. Ko'pincha tok naychalari tsilindr shaklida bo'lmagan o'tkazuvchi muhitlardagi tok kuchini hisoblashga to'g'ri keladi. Qoplamalari orasidagi fazo o'tkazuvchi muhit bi-lan to'ldirilgan sferik va tsilindrik kondensatorlar bunga misol bo'la oladi. Bu holda (59.1) formulani qo'llab bo'lmaydi, chunki qoplama sirtining turli nuqtalari uchun l masofa turlicha, har qaysi qoplamadagi S yuz turli kattalikka ega.

Biroq Om qonunini boshqacha shaklda ifodalash ham mumkin, shunda u o'tkazuvchi muhitlardagi toklar to'g'risidagi masalalarni yechish uchun ham yaroqli bo'ladi.



86- rasm. Differendial shakldagi Om qonuniga

Bir jinsli va izotrop o'tkazuvchi muhitda uzunligi Δl bo'lgan tok naychasi kesmasini (86- rasm) va uning bir-biriga yaqin ikkita ekvipotentsial kesimlari 1 va *2* ni qarab chiqamiz. Ularning potentsiallarini U_1 va U_2 orqali, kesimlar yuzining o'rtacha kattaligini esa ΔS orqali belgilaymiz. Bu kesmaga Om qonuni (57.1) ni va (59.1) formulani tatbiq qilib, quyidagini olamiz:

$$i = j\,\Delta S = \frac{U_1 - U_2}{\rho\,(\Delta l / \Delta S)}$$

yoki ΔS ga qisqartirib va muhitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi kattaligi $\lambda = \frac{1}{\rho}$ ni kiritib

$$j = \lambda\,\frac{U_1 - U_2}{\Delta l} = -\lambda\,\frac{U_2 - U_1}{\Delta l} = -\lambda\,\frac{\Delta U}{\Delta l}$$

ni hosil qilamiz. Bu oxirgi formula juda aniq bo'lishi uchun $\Delta l \to 0$ da limitga o'tish lozim, chunki faqat mana shu holdagina naychaning qaralayotgan kesmasini tsilindrik deb hisoblash va unga (59.1) formulani tatbiq qilish mumkin. Ammo

$$\lim_{\Delta l \to 0}\left(-\frac{\Delta U}{\Delta l}\right) = -\frac{dU}{dl} = E,$$

bunda E – o'tkazgich ichidagi elektr maydon kuchlanganligi. Keyin $\boldsymbol{j}$ va Ye ning vektor ekanligini va izotrop muhitlar ichida ular bir xil yo'nalganligini hisobga olib, pirovardida quyidagini olamiz:

$$\boldsymbol{j} = \lambda \boldsymbol{E} \qquad (61.1)$$

Bu munosabat *Om qonunining differentsial shakli* deb ataladi. Buning (57.1) dan (Om qonunining integral shaklidan) farqi shundaki, unda bir nuqtaning o'zidagi elektr holatni xarakterlovchi kattaliklar bor.

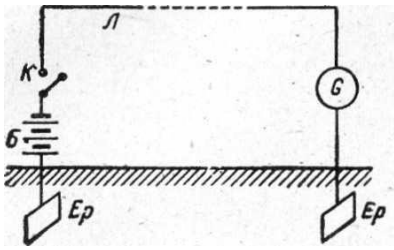
Anizotrop muhitlarda, masalan, ko'pgina kristallar shunday muhit bo'ladi, umuman olganda $\boldsymbol{j}$ va Ye yo'nalishlar mos tushmaydi. Bu holda (61.1) formula o'rniga ancha murakkabroq ifoda olinadi.

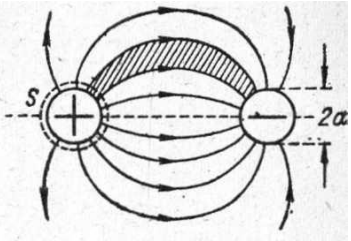
(61.1) ga kiruvchi Ye maydon tok borligida o'tkazuvchi muhit ichidagi maydondan iborat. Biroq shuni ko'rsatish mumkinki, agar o'tkazuvchi muhit bir jinsli bo'lsa, u holda amaliy ahamiyatga ega bo'lgan barcha qiziq hollarda bu maydon elektrostatik maydon $E_{\text{ñò}}$ bilan mos tushadi, ya'ni elektrodlar orasida o'tkazuvchi muhit o'rnida vakuum bo'lib, kuchlanish tok mavjudligidagi kuchlanish kabi bo'lganda, o'sha elektrodlar orasida mavjud bo'ladigan maydon bilan mos tushadi. Bundan bir jinsli o'tkazgichda elektrostatik maydonning kuch chiziqlari tok chiziqlari bilan mos tushishi kelib chiqadi (2- qo'shimchaga qarang).

O'tkazuvchi muhitlardagi tok kuchini hisoblashda quyidagicha ish tutiladi. Dastavval elektrodlar orasidagi berilgan kuchlanishga qarab o'tkazuvchi muhit ichidagi maydon kuchlanganligi aniqlanadi, ya'ni elektrostatika masalasi yechiladi va so'ngra (61.1) formuladan foydalanib, muhitning har bir nuqtasidagi tok zichligi $\boldsymbol{j}$ aniqlanadi. So'ngra elektrodlardan birini butunlay o'rab olgan biror S yopiq sirtni fikran ajratiladi va (53.3) ga ko'ra i tok kuchini shu sirt orqali oqim vektori $\boldsymbol{j}$ kabi aniqlanadi. Hisoblashlarni soddalashtirish uchun S sirtni masalaning simmetriya shartlariga to'g'ri keladigan qilib tanlash lozim.

Aloqa liniyalarida yerlash (erga ulash)

61-§ natijalari aloqa liniyalarida yerlashning ishlashini tushunishga imkon beradi. Ye**rlash** sxemasi 88-rasmda ko'rsatilgan. Telegraf va telefon **liniyalari** qurishda faqat bitta sim *(L)* yotqiziladi. Bu simga yuborish stantsiyasidagi tok manbai *B* ning faqat bir qutbi ulanadi, uning ikkinchi qutbi esa yerga ko'milgan metall list *3* ga ulanadi. Qabul qilish stantsiyasidagi apparatning ham (88-rasmda G galьvanometr ko'rinishida ko'rsatilgan) bir uchi liniyaga va ikkinchi uchi xuddi shunday boshqa listga ulanadi. Yer zanjirni tutashtiruvchi ikkinchi sim vazifasini o'taydi. Bunda





88- rasm. Aloqa liniyalarida yerlash. 89-rasm.
Yerlashning ishlashini tuishuntirishga doir.

muhimi shundaki, yerlash qarshiligi stantsiyalar orasidagi masofaga bog'liq bo'lmaydi. Elektrodlar orasidagi muhit (quruq tuproq, xarsang tosh va sh.o'.) elektrni yomon o'tkazsada, yerlash qarshiligi nisbatan kam bo'ladi (yaxshi yerlanganda om va bir necha o'n om hisobida).

61-§ da bayon qilingan metoddan foydalanib sharlar orasidagi qarshilikni hisoblaymiz. SHarlardan birini uning sirtiga zich tegib turadigan yopiq sirt S bilan o'raymiz va u orqali o'tadigan tok kuchini hisoblaymiz. SHarlar orasidagi masofa $r \gg a$ deb hisoblaymiz. Bu holda sharlarning bir-biriga induktsion ta'sirini hisobga olmaslik va sharlarda zaryadlar tekis taqsimlangan deb hisoblash mumkin. Agar sharlardagi zaryadlar $+q$ va $-q$ ga teng bo'lsa, unda ularning potentsiallari (cheksizlikka nisbatan)

$$U_{1\infty} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{q}{a}, \quad U_{2\infty} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{q}{a}$$

munosabatlar bilan ifodalanadi. Potentsiallar farqi yoki sharlar orasidagi kuchlanish

$$U = U_{1\infty} - U_{2\infty} = \frac{1}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{q}{a}.$$

SHuning uchun har qaysi shar sirtidagi kuchlanish orqali ifodalangan maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{q}{a^2} = \frac{U}{2a}$$

bo'ladi. Bundan tok kuchini shar sirti orqali topamiz:

$$i = \int_S j\,dS = \lambda\int_S E\,dS = \lambda\frac{U}{2a}4\pi a^2 = 2\pi a\lambda U.$$

Binobarin, sharlar orasidagi muhitning qarshiligi R quyidagiga teng:

$$R = U/i = 1/2\pi a\lambda.$$

Bundan qarshilik elektrodlar orasidagi masofaga umuman bog'liqmasligini va faqat sharlar radiusi bilan hamda muhitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi bilan aniqlanishini ko'ramiz.

Nazorat savollari

1. Om qonuni qanday?
2. Qarshiliklarni o'lchashni tushuntiring?
3. Simlarning qarshiligini aniqlash?
4. Qarshilikning temperaturaga bog'liqligi qanday?
5. Om qonunining differentsial shaklini tushuntiring?
6. **Aloqa liniyalarida yerlash (yerga ulash)ni tushuntiring?**

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

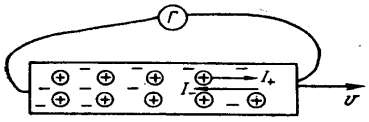
1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.

11-maruza. Tok manbalari. O'zgarmas tokning ishi va quvvati. Joul-Lents qonuni.
Reja:
1. Metallarda zaryad tashuvchilarning tabiati
2. Metallar elektr o'tkazuvchanligining klassik elektron nazariyasi
3. O'ta o'tkazuvchanlik haqida tushuncha
4. Joul- Lens qonuni

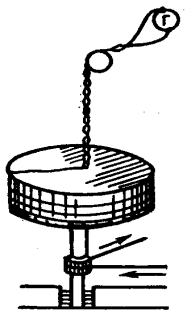
1. Metallarda zaryad tashuvchilarning tabiati

Metallarda zaryad tashuvchi zarraning tabiatini aniqlash uchun quyidagi tajribalar qilingan.

Rikke ikkita mis silindr o'rtasiga shu diametrdagi alyuminiy silindrni qo'yib, bu sistema orqali uzluksiz ravishda bir yil tok o'tkazganda, ulardan $3.5 \cdot 10^6$ *Кл* zaryad miqdori o'tgan. Ammo silindrlarning rangi ham, massasi ham o'zgarmagan. Bundan ko'rinadiki, metallarda tok tashuvchi zarra ion yoki atom emas. Ular bo'lganlarida juda bo'lmaganda massasi o'zgarar edi.



62- расм.



63- расм.

2. Metall bo'lakchasini olib uning ikki uchiga ketma-ket ravishda ulangan galhvanometr bilan birgalikda υ tezlik bilan harakatlantiraylik. Birga harakatlanganda galhvanometr strelkasi og'maydi. Metall bo'lakchasi keskin to'xtasa yoki keskin harakatlansa, galhvanometr strelkasi og'adi. Demak, tok tashuvchi zarra zaryadga ega bo'lishi bilan birga massaga ham ega ekan. SHuning uchun mexanikaning inersiya konuniga asosan metall to'xtaganda ham zarra harakatlandi (62-rasm). Bu tajriba g'oyasi Mandelhshtam va Papaleksi tomonidan aytilgan. Ular sim o'ralgan g'altak olib, uning o'qi atrofida tebranma harakatga

keltirilganlarida berk zanjir bo'ylab o'zgaruvchan elektr toki hosil bo'lgan. So'ngra G. Lorens ushbu tajribani Tolmen va Styuart qilgani kabi bajarib, ular bilan bir xil natija olgan. Ularning tajribalari sxemasi 63- rasmda keltirilgan.

Tajribani o'tkazishda harakatlanayotgan metall simda induksion tok hosil bo'lmasligi uchun Er magnit maydoni ta'siridan xoli holda tajriba o'tkazganlar. Ular uzunligi 500 m bo'lgan ingichka simni g'altakka o'rab, sim uchlarini elastik sim bilan galhvanometrga ulaganlar. So'ngra g'altakni o'z o'qi atrofida katta tezlikda (taxminan 30 m/s) harakatlantirib, keskin to'xtatganlarida galhvanometr strelkasi qisqa vaqt og'ganligini kuzatganlar. Strelka og'ishi manfny zaryadning harakat yo'nalishiga moc kelgan. Bu o'tkazilgan tajribalar yordamida zaryadning solishtirma zaryadi $\left(\frac{q}{m}\right)$ aniqlangan. Hisoblashlar bu kattalik elektronning solishtirma zaryadiga juda yaqin ekanligini ko'rsatadi. SHuning uchun metallarda zaryad tashuvchi zarra erkin elektronlar deyiladi. Erkin elektronlar metallning kristall panjaralariga joylashgan atomlarning valentlik ionlarining ajralib chiqishidan hosil bo'ladi. Bu elektronlarning konsentrasiyasi $n \approx (10^{28} - 10^{29})\, м^{-3}$ ga teng.

Bu hodisani matematik ravishda ifodalash uchun simning kesim yuzi S, uzunligi l bo'lib, $V = Sl$ hajmning har bir birligidagi zaryad tashuvchi t massali zarralar soni n_0 bo'lsa, υ tezlik bilan harakatlangan o'tkazgichning kinetik energiyasi (—dW) energiya hisobiga kamayib, Jo-ulh—Lens issiqligi dQ ga aylanadi, bunda

$$-dW = Nd\langle K\rangle = n_0\, Sld\left(\frac{m\upsilon^2}{2}\right) = n_0\, Slm\upsilon d\upsilon \qquad (3.1)$$

Ikkinchidan, $I = \frac{dq}{qt}$ ekanligi hisobga olinsa, Joulh-Lens qonuniga asosan, bu energiya hisobiga ajralib chiqqan issiqlik miqdori

$$-dW = dQ = I^2\, R\, dt = IR\,(I\, dt) = IR\, dq = n_0\, S\upsilon\, eR\, dq \qquad (3.2)$$

bo'ladi. (3.1) va (3.2) formulalarning o'zaro tengligidan

$$dq = \frac{m}{e}\cdot\frac{ld\upsilon}{R} \qquad (3.3)$$

hosil bo'ladi. Bu tenglamada m—zarraning massasi va q— undagi zaryad miqdori, R— l uzunlikda olingan simning qarshiligi.

(3.3) tenglamani integrallab, quyidagini olamiz:

$$q = \int_0^t dq = \frac{ml}{eR}\int_\upsilon^0 d\upsilon = \frac{ml}{eR}\upsilon \qquad (3.4)$$

Bundan

$$\frac{q}{m} = \frac{\upsilon\, l}{eR} \qquad (3.5)$$

(3.5) tenglamaga asosan zaryad (q) ning o'z massasiga nisbati topilgan. Masalan, mic uchun $1{,}60\cdot 10^{11}\ Кл/кг$, alyuminiy uchun $1{,}54\cdot 10^{11}\ Кл/кг$, kumush uchun $1{,}49\cdot 10^{11}\ Кл/кг$ ekanligi topilgan.

Eng aniq keyingi elektr va magnit maydonlarida elektronning og'ishi asosidagi tajribalardan elektronning solishtirma zaryadi $\frac{e}{m} = 1.77 \cdot 10^{11}$ Кл/кг

2. Metallar elektr o'tkazuvchanligining klassik elektron nazariyasi

Har qanday metallning kristall panjara tugunlarini tashkil etgan atomlar, ionlar oralig'ida erkin harakatda bo'lgan elektronlar, gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasida aytilgandek, to'qnashishlar natijasida xaotik (tartibsiz) harakatda bo'ladi. Bu elektronlar har bir momentda turli yo'nalishda tugunlarga to'qnashib bir tomonga yo'nalgan elektron guruhi bo'lmagani uchun o'tkazgichdan elektr tok o'tishi ro'y bermaydi, ya'ni tok bo'lmaydi. Agar shu o'tkazgichlarning ikki uchini potensiallari φ_1 va φ_2 bo'lgan tok manbai qutblariga ulasak, metall ichida hosil bo'lgan elektr maydon hamma elektronlarga $\vec{F} = e\vec{E}$ kuch bilan bir yo'nalishda ta'sir etib, musbat qutb tomon tezlanuvchan ha-rakatga keltiradi, o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzi orqali vaqt birligi ichida o'tgan zaryad miqdori $I = \frac{q}{t}$ tok kuchi o'tishiga olib keladi.

Drude — Lorenslarning klassik nazariyalari bo'yicha tartibsiz υ tezlik bilan harakatda bo'lgan elektronlar har bir atomli gaz molekulalari kabi issiqlik harakat energiyasi $\frac{m\upsilon^2}{2}$ ga ega bo'lib, kinetik nazariyaga asosan:

$$\overline{\frac{m\upsilon^2}{2}} = \frac{3}{2}kT$$

Bu tenglamalarda $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ *кг*, $T = 273\ K$, $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ \frac{Ж}{K}$ qiymatlardan foydalanib, zaryadning issiqlik harakatdagi tezligini hisoblay olamiz:

$$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 10^5\ м/с$$

Elektronning erkin yugurish o'rtacha yo'li uzunligi $\langle\lambda\rangle$ bo'lsa, erkin yugurish o'rtacha vaqti $\langle\tau\rangle = \frac{\langle\lambda\rangle}{\upsilon}$ bo'ladi.

Ammo elektron uchun $\langle\lambda\rangle$ ning qiymati noma'lum, uni panjara doimiysi d dan bir necha 10 marta katta deb olish mumkin.

Elektronning panjara ionlari bilan ikki ketma-ket to'qnashishi uchun o'tgan vaqt ichidagi tezlik o'zgarishi Nyuton qonuniga ko'ra $\vec{F}\langle\tau\rangle = m\Delta\vec{\upsilon}$ va $\vec{F}_э = e\vec{E}$ bo'lgani uchun:

$$\Delta\vec{\upsilon} = \frac{F}{m}\langle\tau\rangle = \frac{e}{m}\langle\tau\rangle\vec{E}$$

Elektron dreyfining tezligi zanjir ulanish momentda nolh, to'qnashish momentda maksimal bo'lib, u

$$\upsilon_м = \frac{e}{m}\langle\tau\rangle E \qquad (3.6)$$

ga teng. Tezliklarining o'rta qiymatini aniqlasak,

$$\langle \upsilon \rangle = \frac{\upsilon_0 + \upsilon_м}{2} = \frac{e}{2m}\langle \tau \rangle E$$

bo'ladi. Hisoblashlarga asosan, u quyidagiga teng:

$$\langle \upsilon \rangle = 0{,}001 \, м/с .$$

Agar tok zichligi formulasi $j = n_0 e \langle \upsilon \rangle$ ga $\langle \upsilon \rangle$ ning ifodasini qo'ysak, Om qonuni kelib chiqadi:

$$j = \frac{n_0 e^2 \langle \tau \rangle}{2m} E \qquad \text{yoki} \qquad j = \sigma E . \tag{3.7}$$

Bu ifodadan ko'rinadiki, tok zichligi elektr maydon kuchlanganligiga to'g'ri proporsional. Bu Om qonunining differensial ifodasidir.

Bundagi klassik elektron nazariya asosida chiqqan solishtirma elektr o'tkazuvchanlik

$$\sigma = \frac{n_0 e^2 \langle \tau \rangle}{2m} = \frac{n_0 e^2 \langle \lambda \rangle}{2m \langle \upsilon \rangle} \tag{3.8}$$

metallarning hajm birligidagi erkin elektronlar soniga va o'rtacha erkin yugurish yo'l uzunligiga to'g'ri proporsional. Amalda ko'pincha solishtirma elektr o'tkazuvchanlik σ o'rnida uning teskari qiymati $\frac{1}{\sigma}$ ni solishtirma qarshilik ρ yoziladi. (3.8) formuladan ko'rinadiki, agar elektron panjaradagi ionlar bilan to'qnashmasa, erkin yugurish yo'li cheksizlikka intiladi, demak, solishtirma elektr o'tkazuvchanlik ham cheksizlikka intilgan bo'lar edi. n_0 ning Avogadro soni N_A ga nisbati $\frac{n_0}{N_A}$ metall zichligi d ning atom massasi soni A ga nisbatiga teng: $\frac{n_0}{N_A} = \frac{d}{A}$ natijada $j = n_0 e \upsilon$ dan $\upsilon = \frac{j}{e n_0} = \frac{jA}{e d N_A}$ bo'ladi.

Ko'pincha metallar uchun zichlik atom og'irligining zichlikka nisbati $\frac{A}{d} = 10$ dan oshmaydi. Bir molhdagi ionlar (elektronlar) zaryadining miqdori $q = N_A e = 6{,}02 \cdot 10^{23} \, моль^{-1} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \, Кл = 9{,}63 \cdot 10^4 \, Кл/моль \approx 10^5 \, Кл/моль$. Agar metall simdan o'tayotgan tokning zichligi 10^7 A/m^2 bo'lsa, elek-tronning tartibsiz harakat tezligi 10^{-3} m/s ga teng bo'ladi. Demak, bunday tezlik bilan harakatlanayotgan elek-tron qanday qilib zanjir ulanishi bilan ancha uzoqqa tez etib boradi? Bu vaqtda elektron emas, balki u hosil qilayotgan elektr maydonning tarqalish tezligini o'tkazgich uzunligi bo'yicha tashkil etuvchisi katta tezlik bilan, ya'ni elektromagnit to'lqinining tezligi 10^8 m/s bilan tarqaladi.

Klassik elektron nazariyadan foydalanib Joulh — Lens qonunini ham keltirib chiqaraylik. Buning uchun elektronning tugundagi zarraga urilish oldidagi maksimal kinetik energiyasidagi tezlik o'rniga (3.6) ni qo'ysak, quyidagi hosil bo'ladi:

$$K = \frac{m}{2}\upsilon_м^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{e^2\lambda^2}{m}E = \frac{e^2\langle\lambda\rangle^2}{2m\upsilon_м^2}E \qquad (3.9)$$

U vaqtda o'tkazgichning birlik hajmidagi elektronlar $\frac{1}{\tau}$ vaqtda bir marta uriladi va buning natijasida shuncha marta ko'p issiqlik ajraladi. Vaqt birligi (1s) da ajralgan issiqlik miqdori:

$$Q_1 = \frac{ne\tau^2}{2m}E \qquad (3.10)$$

(3.8) ni hisobga olsak, (3.10) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$Q_1 = \sigma E^2 = \frac{E^2}{\rho} \qquad (3.10a)$$

Bu ifoda Joulh — Lens qonunining differensial ko'rinishini ifodalaydi. Demak, ajralayotgan issiqlik mщdori elektr maydon kuchlanganligining kvadratiga to'g'ri proporsional ekan.

Bu ifodani sizga tanish bo'lgan integral ko'rinishida ifodalash uchun uni o'tkazgich uzunligi l ga, ko'ndalang kesimi S ga va tok o'tish vaqtiga ko'paytiramiz:

$$Q = Q_1\, lSt = \frac{E^2}{\rho}lSt = \frac{(El)^2}{\rho\frac{l}{S}}t = \frac{U^2}{R}t = IUt$$

kelib chiqadi.

Klassik elektron nazariya asosida metallarni elektron gazlardan iborat deb qarab, bir atomli ideal gazlar kabi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti konsentrasiyaga bog'liq deb qaraymiz. U vaqtda metallarning solishtirma elektr o'tkazuvchanlik koeffisienti ham konsentrasiyaga bog'liqligini (3.8) orqali ifodalangan.

Videman — Frans elektron gazdagi elektronlar bir xil tezlikka ega deb karagan, metallardagi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti (χ) ning solishtirma elektr o'tkazuvchanlikka nisbati

$$\frac{\chi}{\sigma} = \frac{3k^2}{e^2}T = AT \qquad (3.11)$$

ekanini aniqladi, uni tajriba ham tasdiqlagan. Ammo gaz molekulalari molekulyar fizikada Maksvell tezliklar taqsimotida ko'rganimizdek, har xil tezlik bilan harakatlanadi. U vaqtda yuqoridagi formuladagi 3 koeffisient o'rnini 2 oladi. Bu tajribada tasdiqlanmaydi. Bu farqni tushuntirish uchun Zommerfelhd elektron gaz uchun klassik statistika o'rnida Fermi—Dirakning kvant statistikasi qo'lanilganda (3.11) formula hosil bo'lgan.

Bundan tashqari, klassik elektron nazariya asosida metallarning o'ta elektr o'tkazuvchanligi hodisasini ham tushuntirish kiyin.

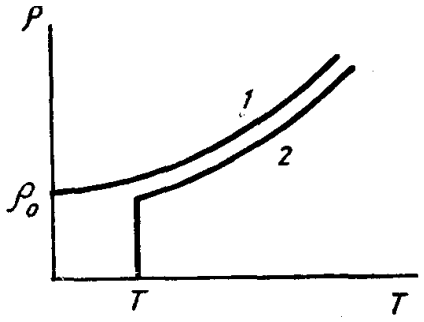
3. O'ta o'tkazuvchanlik haqida tushuncha

2-bob 25-§ da o'tkazgich qarshiligining haroratga bog'liq ekanligini qarab o'tganimizda

$$R = R_0(1+\alpha t^\circ)$$

yoki solishtirma qarshilik

$$\rho = \rho_0(1+\alpha t^\circ)$$



64, a-расм.

ekanini ko'rgan edik. Demak, qarshilik yoki solishtirma qarshilik harorat bilan chiziqli bog'liq edi (64, a-rasmdagi, 1).

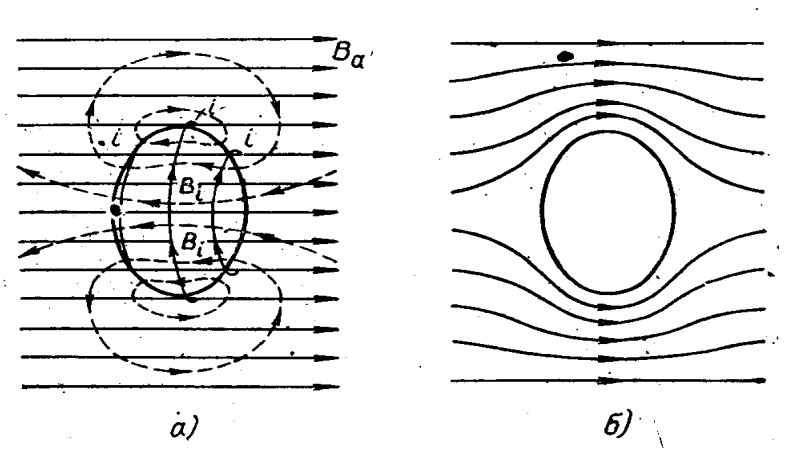
Fan va texnikaning rivojlanishi metall o'tkazgichlar harorati ma'lum haroratdan past bo'lganda qarshiligi sakrab nolga teng bo'ladi (64, a-rasmdagi, 2). Kamerling—Onnes bu hodisani aniqlab, uni o'ta o'tkazuvchanlik deb atagan. Tekshirishlar natijasida aniqlanishicha, sof metallarning o'ta o'tkazuvchanlikka o'tish harorati 0,14 K bilan 9,22 K oralig'ida, qotishmalarda esa bu harorat 18 K gacha etadi. Ba'zi moddalarning o'ta o'tkazuvchanlikka o'tish harorati 4-jadvalda keltirilgan.

4- jadval

Modda	T, K	Modda	T, K
Titan	0,4	Simob	4,1
Kadmiy	0,5	Vanadiy	5,3
Rux	0,38	Qo'pg'oshin	7,2
Alyuminiy	1,2	Niobiy	9,3
Kalay	7,3	Nb_3Sn	18

Bunday xususiyatga ega bo'lgan moddalarga o'ta o'tkazuvchan o'tkazgichlar deyiladi. Bu holatda o'tkazgichning qarshiligi nolga teng bo'lib, unda Joulh — Lens issiqligi ajralmaydi. SHuning uchun o'ta o'tkazuvchan moddalarda bir bor hosil qilingan tok manbaisiz uzoq, vaqt hosil bo'lib turadi. Ikkinchidan, modda ichida o'ta o'tkazuvchanlik holatida magnit induksiyasi nolga teng. o'ta o'tkazuvchanlik holatiga o'tishda uning issiqlik sig'imida sakrash ro'y beradi. Bu esa ikkinchi tur fazaviy o'tishni ifodalaydi. Agar o'ta o'tkazuvchanlikka o'tishda yoki aks holatida magnit maydoni o'zgarsa, bu holatda moddada issiqlik ajratish yoki yutish hodisasi ro'y beradi. Bunga ikkinchi tur fazaviy o'tish deyiladi. Bulardan ko'rinadiki, o'tkazgichda ikkala turdagi fazaviy o'tish holatini kuzatishimiz mumkin bo'lar ekan. Ulardan tashqari moddalarning issiqlik o'tkazuvchanligi ham o'zgaradi.

O’ta o’tkazgichdan qilingan biror jismni biz avval sovitib, o’ta o’tkazuvchan holatga keltirdik, so’ngra induksiyasi (jism kiritilmaganda) $\overrightarrow{B_a} = \mu_0 \overrightarrow{H_a}$ ga teng bo’lgan tashqi magnit maydonga kiritdik deylik. Magnit maydon ulanganda o’ta o’tkazgichda qo’shimcha $\overrightarrow{B_l} = \mu_0 \overrightarrow{H_l}$ induksiya hosil qiluvchi induksion toklar paydo bo’ladi (64, b-rasm), bu qo’shimcha induksiya Lens qonuniga muvofiq $\overrightarrow{B_a}$ tashqi induksiyani kompensasiyalaydi. Odatdagi o’tkazgichda induksion toklar darhol so’nadi va faqat magnitlovchi g’altak yuzaga keltirgan oqimgina qoladi. O’ta o’tkazgich bo’lgan holda esa kompensasiyalovchi toklar mutlaqo so’nmaydi va shuning uchun jism ichida natijaviy induksiya hamma vaqt $\vec{B} = \overrightarrow{B_a} + \overrightarrow{B_l}$ bo’ladi. Tashqi fazada natijaviy induksiya chiziqlari 64, b-rasmda ko’rsatilganidek bo’ladi. Ularni jism o’zidan itaradi va ular jismni aylanib o’tadi.



64, б -расм.

O’ta o’tkazgich o’ta o’tkazgich holatga o’tish temperaturasidan past temperaturaga qancha kuchli sovitilgan bo’lsa, o’ta o’tkazuvchanlik yo’qoladigan "kritik" magnit maydon shuncha katta bo’ladi. O’ta o’tkazuvchanlik holatiga o’tish temperaturasida kritik maydon nolga teng bo’ladi.

O’ta o’tkazuvchan jismda magnit induksiyasining nolga tengligini sirtqi qatlamda o’z magnit maydoni bilan tashqi magnit maydonini kompensasiyalaydigan toklarning yuzaga kelishi bilan ham tushuntirish mumkin. O’ta o’tkazuvchan jismning juda yupqa (10^{-5} *см* tartibidagi) sirtqi qatlamda $B = 0$. Tashqi kuchli magnit maydoni o’ta o’tkazuvchanlik holatini buzib yuboradi. Bunday buzilish o’ta o’tkazuvchan jismda oqayotgan elektronlar hosil qilgan tokning magnit maydoni hisobiga ham yuz berishi mumkin.

Bu sohada juda ko’p nazariy ishlar bajarilganiga qaramay, so’nggi vaqtlarga qadar o’ta o’tkazuvchanlikning to’la mukammal nazariyasini yaratish mumkin bo’lmay keldi. Faqat 1956 yilda amerika fizigi Kuper o’ta o’tkazuvchanlik holatiga o’tishda spin momentlari parallel joylashgan elektronlar juftlarining hosil bo’lishi asosiy rolh o’ynashini ko’rsatishga muvaffaq bo’ldi. SHundan keyingina asosan o’ta o’tkazuvchanlik holatini va u bilan birga yuz beradigan hodisalarni tushuntirish imkoniyati tug’ildi. O’ta o’tkazuvchanlik holatida modda ichidagi elektronlar go’yo o’ta oquvchan bo’lib qoladi. O’ta o’tkazuvchanlikning to’la nazariyasini yuqoridagi mulohazalarga asoslanib rus olimi N.N.Bogolyubov va uning hodimlari tomonidan rivojlantirildi.

Juda yaxshi o’tkazgich ($\sigma \approx 10^4 - 10^5\ Ом^{-1}см^{-1}$) bo’lgan materiallar bilan bir

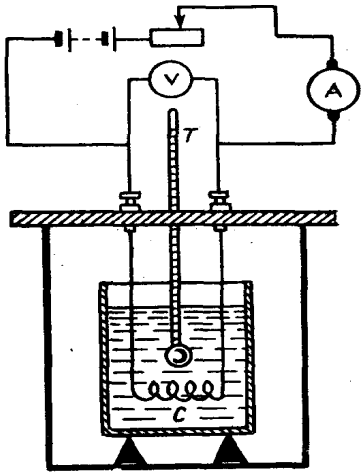
qatorda o'tkazuvchanligi g'oyat kichik bo'lgan ($\sigma \approx 10^{-10}\ Ом^{-1}см^{-1}$) bo'lgan jismlar masalan, selen, mis (I) oksidi (Cu_2O) ko'pchilik minerallar Mendeleev jadvalining to'rtinchi, beshinchi va oltinchi gruppasidagi metallmas elementlar, koslorod va oltingugurtli noorganik birikmalar, metallmaslarning ba'zi qotishmalari, ba'zi organik bo'yoqlar va boshqalar ham bo'ladi. Bu jismlarni yarim o'tkazgichlar deyiladi.

Ba'zi yarim o'tkazgichlarning metallarga tegib turgan joyida alohida hodisalar yuz beradi - tokni faqat bir yo'nalishdagina o'tkaza oladigan berkituvchi qatlam hosil bo'ladi. Masalan, mis (I)-oksid bo'lganda elektr tok metallmasdan mis (I)-oksidi tomonga o'tayotganida teskari yo'nalishda o'tayotganiga qaraganda minglarcha marta katta bo'ladi.

Agar o'ta o'tkazuvchi holatda o'zgaruvchan, ayniqsa, yuqori chastotali tok o'tsa, uning qarshiligi noldan katta bo'ladi. Keyingi vaqtda ba'zi yarim o'tkazgichlar ham o'ta o'tkazuvchanlik xossasiga ega ekanliklari aniqlangan.

4. Joul- Lens qonuni

O'tkazgichdan tok o'tganda o'tkazgich qiziydi. Bu hodisani quyidagicha tushuntirish mumkin. O'tkazgichda tok bo'lmaganda undagi erkin elektronlar tartibsiz harakatlanadi va kristall panjaraning ionlari bilan to'qnashib, ular bilan energiya almashadi. Erkin elektronlarning ionlarga beradigan energiyasi o'rta hisobda ionlarning elektronlarga shu to'qnashish vaqti davomida berayotgan energiyasiga teng bo'ladi. Bu holda erkin elektronlar sistemasi bilan panjaradagi ionlar sistemasi o'rtasida issiqlik muvozanati yuzaga keladi. O'tkazgichdan tok o'tayotganda esa elektronlar tartibli harakatga keladi. Elektronlar kristall panjaradagi ionlar bilan ketma-ket to'qnashganda ularga ko'proq energiya beradi-yu, lekin ulardan kamroq energiya oladi. Elektronlar energiyasining kamayishi elektr maydon energiyasi hisobiga tezda tiklanadi. Buning natijasida erkin elektronlar sistemasi bilan panjaradagi ionlar sistemasi o'rtasidagi issiqlik muvozanati buziladi. o'tkazgichning ichki energiyasi ortadi va o'tkazgich bilan atrofdagi muhit o'rtasida issiqlik muvozanati yuzaga kelmaguncha o'tkazgichning harorati ko'tarila boradi.



54-расм.

Rus olimi E. X. Lens va ingliz olimi Joulh bir-biridan tamomila bexabar, turli xollarda tok ajratgan issiqlik miqdorini tajribada o'lchab topdilar. Sarflangan elektr energiya bilan ajralib chiqqan issiqlik orasidagi munosabatni o'rnatish maqsadida sxemasi 54- rasmda ko'rsatilgan qurilmada tajriba o'tkazish mumkin.

Agar toza suvli kalorimetrga S spiralh sim tushirib, ampermetr va volhtmetr bilan tok kuchi va kuchlanish o'lchansa, sekundomer yordamida tokning o'tish vaqti belgilansa, tokning ishi (2.13) formulaga asosan hisoblanadi:

$$A = IUt$$

Agar zanjirga elektr energiyasini boshqa tur energiyaga aylantiruvchi maxsus

asboblar (masalan, elektr dvigatelh) ulanmagan bo'lsa, energiyaning saqlanish qonuniga binoan tokning butun ishi issiqlik ajralishiga ketadi, shuning uchun

$$Q = IUt$$

deb yozish mumkin.

Spiralning qarshiligi R bo'lsa, zanjirning bir qismiga oid Om qonuniga asosan $U = IR$ bo'lgani uchun

$$Q = I^2Rt$$

ifodani hosil qilamiz. Bu formula Joulh — Lens qonunini ifodalaydi: zanjirning bir qismidan tok o'tganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori tok kuchining kvadrati bilan qism qarshiligi va tokning doimiy saqlanib o'tgan vaqti ko'paytmasiga teng.

Elektr tokining ishini turli formulalar bilan ifodalash mumkin ekanligini [(2.14) formulaga qarang)] nazarga olib, Joulh — Lens qonunini quyidagi ko'rinishlarda yozish mumkin:

$$Q = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t \qquad (2.15)$$

Agar tok kuchi amper hisobida, qarshilik Om hisobida, vaqt sekund hisobida o'lchansa, issiqlik miqdori joulh hisobida ifodalanadi.

Nazorat savollari.

1. Metallarda zaryad tashuvchilarning tabiati qanday?
2. Metallar elektr o'tkazuvchanligining klassik elektron nazariyasi tushuntiring?
3. O'ta - o'tkazuvchanlik haqida tushuncha bering?
4. Joul- Lens qonunini mohiyatini tushuntiring?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.

12-maruza. Elektr yurituvchi kuch. Tarmoqlangan zanjirlar. Kirxgof qoidalari. Tarmoqlangan zanjirlarning hisoblashni xususiy hollari.

Reja:

1. Tok manbalari
2. Kirxgof qonunlari
3. Tarmoqlangan zanjirlarning hisoblashni xususiy hollari.

Tok manbalari

O’tkazgich uchlarida kuchlanish hosil qilish uchun zaryadlangan kondensatorlardan foydalanilsa, o’tkazgichda o’zgarmas tok olish mumkin emasligini ko’rish oson. Haqiqatan ham, tok mavjud bo’lganda zaryadlarning bir qoplamadan ikkinchisiga o’tishi kuzatiladi va bunda tok yo’nalishi qoplamalar zaryadlarining kamayishi yo’nalishida bo’ladi. Natijada qoplamalar orasidagi kuchlanish kamaya boradi va Om qonuniga ko’ra (57-§) o’tkazgichdagi tok kuchi kamayadi. Bu hol har qanday elektrostatik maydon uchun umumiy: bunday maydon doim zaryadlarni potentsiallar farqi kamayadigan qilib ko’chiradi.

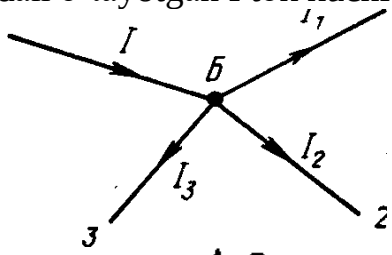
O’zgarmas tok olish uchun elektr zanjiridagi zaryadlarga elektrostatik maydon kuchidan farq qiladigan qandaydir kuchlar ta’sir qilishi lozim. Bunday kuchlar *chet kuchlar* deb atalgan. CHet kuchlar paydo bo’ladigan har qanday qurilmani tok manbai deb ataymiz. Masalan, galьvanik elementlar tok manbai bo’ladi.

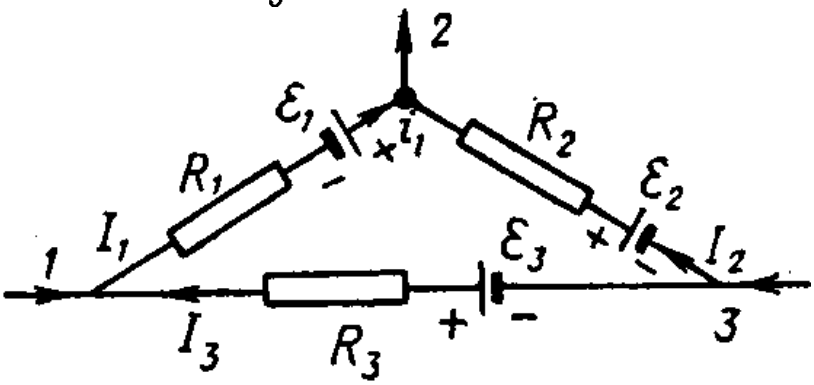
Agar gidrostatik o’xshatishdan foydalanilsa, unda elektrostatik mandonni tutash idishlarda suyuqlik sathini tenglashtirishga intilayotgan og’irlik kuchiga o’xshatish mumkin; tok manbaini esa og’irlik kuchiga qarshi ishlayotgan va suyuqlik toki borligiga qaramay idishlardagi sathlar farqini tiklayotgan nasos bilan taqqoslash mumkin.

Bizning hozirgi vazifamiz tok manbalarining miqdoriy xarakteristikalarini aniqlash va ular bilan zanjirdagi tok kuchi orasidagi bog’lanishni tushunib olishdir. Tok manbai sifatida galьvanik elementni olamiz, so’ngra olingan natijalarni har qanday manba uchun umumlashtiramiz. Bu masalalarni tahlil qilishda termodinamikaning birinchi qonuniga (energiya saqlanishining umumiy qonuniga) asoslanamiz va yopiq tok zanjirida energiyalarning qanday o’zgarishlari ro’y berayotganini qarab chiqamiz.

Kirxgof qonunlari

1) Ikkitadan ortiq o’tkazgichlarning ulanish nuqtasiga tugun deyiladi. Faraz yetaylik, o’tkazgichdan o’tayotgan I tok kuchi B tugunda 1, 2, 3





tarmoqla r bo’yicha taqsimlansin (59- rasm). B tugunga kelib kirgan tok kuchi I shu tugundan tarmoqlanib chiqqan tok kuchlari I_1, I_2 va I_3 ning algebraik yig’indisiga teng bo’ladi. YA’ni:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

B tugunga kirib kelgan tokni musbat, undan chiqib ketgan toklarni manfiy deb tanlab olinsa, yuqoridagi formula quyidagi shaklda ifodalanadi:

$$I + (-I_1) + (-I_2) + (-I_3) = 0$$

Bu formulani yig’indi shaklda ham yozib ko’rsatish mumkin:

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0$$

bu erda p — tarmoqlangan o'tkazgichlarning umumiy soni. SHu formula Kirxgofning birinchi qonunini ifodalaydi: tokning tarmoqlanish nuqtasidagi tok kuchlarining algebraik yig'indisi nolga teng. Demak, biror tugunga kirib keluvchi elektr miqdori shu tugundan chiqib ketuvchi elektr miqdoriga teng. SHunday qilib, Kirxgofning birinchi qonuni o'zgarmas toklarga nisbatan olingan elektr zaryadlarining saqlanish qonunining o'zginasidir.

Bundan ko'rinadiki, o'tkazgichning xech erida zaryad to'xtab qolmaydi: har qanday tugunga qancha zaryad kelsa, shu tugundan shuncha zaryad chiqib ketadi.2) Tok zanjiri bir necha qarshilik va manbadan iborat yopiq zanjir-dan iborat murakkab zanjir bo'lsa, bu vaqtda har qaysi qismni aloxida tekshirish talab kilinadi. Tarmoqlanuvchi toklarning murakkab sistemasida (60- rasm) ixtiyoriy ravishda 1, 2, 3 qismni ajratib tekshiraylik. Faraz etaylik, 1—2, 2—3, 3—1 tomonlardagi tok manbalari (elementlar)ning EYUKlari E_1, E_2, E_3 ulangan o'tkazgichlarning qarshiliklari R_1, R_2, R_3 hamda ularning uchlaridagi potensiallar ayirmasi $\varphi_2 - \varphi_1, \varphi_3 - \varphi_2$ va $\varphi_1 - \varphi_3$ bo'lsin. Umumiy holda zanjirning ba'zi bir qismlarida EYUK bo'lmasligi yoki elementlar qarama-qarshi ulanishi ham mumkin.

Qismlardagi tok va EYUK lar soat strelkasi bo'yicha yo'nalgan bo'lsa musbat, teskarisiga yo'nalgan bo'lsa, manfiy deb hisoblanib, har bir qismga Om qonunini tatbiq etsak,

$$\varphi_2 - \varphi_1 + E_1 = I_1 R_1$$
$$\varphi_3 - \varphi_2 + E_2 = I_2 R_2$$
$$\varphi_4 - \varphi_3 + E_3 = I_3 R_3$$

lar chiqadi. Bu tenglamalarning hadma-had yig'indisi

$$E_1 + E_2 + E_3 = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3$$

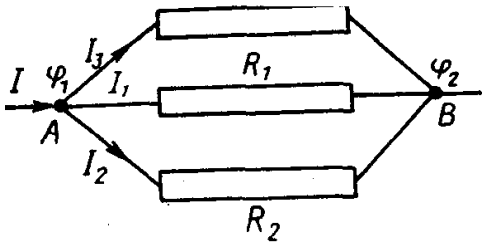
chunki

$$(\varphi_2 - \varphi_1) + (\varphi_3 - \varphi_2) + (\varphi_1 - \varphi_3) = 0$$

Demak,

$$\sum_{k=1}^{n} E_k = \sum_{k=1}^{n} (IR)_k \qquad (2.18)$$

bu erda n — qismlar soni. Berk qismdagi EYUK larning algebraik yig'indisi tok kuchlarining tegishli o'tkazgich qarshiliklariga bo'lgan ko'paytmalarining yig'indisiga teng. (2.18) tenglama Kirxgofning ikkinchi qonunining matematik ifodasidir.



61-расм.

Qarshiliklarni parallel ulash

Qarshiliklarni parallel ulashda tok A tugundan chiqib bir necha qarshiliklarga bo'linib tarqaladi va yana ikkinchi bir V tugunga kelib qo'shiladi (61-rasm).

Tarmoqlardagi ulangan qarshiliklar R_1, R_2, R_3

bo'lib, ulardan o'tgan tok kuchlari I_1, I_2, I_3 bo'lsa, bo'larning hammasi ham L va V nuqtalariga ulangan bo'lgani uchun ulardagi potensiallar ayirmasi bir xil bo'ladi. Zanjirning har bir qismi uchun Om qonuni:

$$I_3 = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{R_1}, \quad , I_3 = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{R_2} \quad I_3 = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{R_3} \qquad (2.19)$$

umumiy tok kuchi Kirxgofning birinchi qonuniga binoan

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = (\varphi_2 - \varphi_1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

(2.20)

bo'ladi. Om qonunini 61- rasmdagi AV sistemaga tatbiq etilsa,

$$I = (\varphi_2 - \varphi_1)\,\frac{1}{R}$$

(2.21)

bunda R — sistemaning qarshiligi, (2.20) va (2.21) tenglamalarni taqqoslasak,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad (2.22)$$

kelib chiqadi. Parallel ulangan qarshiliklar soni p ta bo'lsa,

$$\frac{1}{R} = \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{R_k} \qquad (2.23)$$

(2.22) tenglamadan ko'rinadiki, parallel ulangan qarshiliklar soni ko'paygan sayin, umumiy qarshilik kamayadi.

(2.19) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozsak bo'ladi:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = I_1 R_1$$
$$\varphi_2 - \varphi_1 = I_2 R_2$$
$$\varphi_2 - \varphi_1 = I_3 R_3$$

Bundan $I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}, \qquad \frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3}{R_2}, \qquad \frac{I_3}{I_1} = \frac{R_1}{R_3} \qquad (2.24)$$

(2.24) dan ko'rinadiki, o'tkazgichlar parallel ulanganda ulardan o'tuvchi tok kuchlari nisbati qarshiliklar nisbatiga teskari proporsional bo'lar ekan. Demak, parallel ulangan o'tkazgichlarning qaysi biri katta qarshilikka ega bo'lsa, undan shuncha kam tok o'tadi.

Galvanik elementda ajraladigan energiya

Zanjirda biror galьvanik element tok hosil qilsa, unda element ichida ximiyaviy reaktsiya ro'y beradi. Ko'pgina elementlarda asosiy reaktsiya katod elementi bo'lib hisoblangan rux elektrodning elektrolit bilan birikishidan iborat va shuning uchun element ishlayotgan vaqtda metall rux sarf bo'ladi, eritmada esa yangi moddalar — reaktsiya mahsulotlari paydo bo'ladi. Eng sodda element — Volьt elementida (2-rasm) bu reaktsiya quyidagicha bo'ladi:

$$Zn + N_2SO_4 = ZnSO_4 + N_2.$$

Ammo tajriba har qanday reaktsiyada ma'lum miqdorda energiya yo yutilishini, yo ajralishini ko'rsatadi. Bundan keyin biz ximiyaviy reaktsiya

tashqi doimiy bosim ostida ro'y beradi deb faraz qilamiz. Bunda Q_x issiqlik miqdori ajraladi:

$$Q_x = pm, \qquad (66.1)$$

bunda *t* — reaktsiyada ajralgan modda miqdori. *r* kattalik ximiyaviy reaktsiyaning issiqlik effektini aniqlaydi va qaralayotgan moddaning massa birligi reaktsiyaga kirishganda qancha miqdorda issiqlik miqdori ajralishini ko'rsatadi. Agar reaktsiya vaqtida issiqlik ajralayotgan bo'lsa, unda *r* musbat, agar issiqlik yutilayotgan bo'lsa, *r* manfiy bo'ladi. Masalan, ko'rsatilgan reaktsiyada 1g ruxning sulьfat kislota bilan o'zaro ta'sirlashishida rux sulьfat hosil bo'lishida 6900 J issiqlik ajraladi va shuning uchun rux bo'yicha hisoblangan mazkur reaktsiyaning issiqlik effekti $p = 6{,}9 \cdot 10^6$ J/kg bo'ladi.

Ximiyaviy reaktsiya energiyasi galьvanik elementlarda ajralayotgan energiyaning o'zginasidir. Uning o'lchovi reaktsiyaning issiqlik effektidir.

Galvanik elementning elektr yurituvchi kuchi

Endi qarshiligi bo'lgan o'tkazgich bilan tutashtirilgan biror galьvanik elementni qarab chiqamiz (91-rasm). Tok yo'qligida elementda hech qanday ximiyaviy reaktsiya ro'y bermaydi deb hisoblaymiz. Bu elektrolit bilan hamma metallar kombinatsiyasi uchun o'rinli bo'lavermaydi. Masalan, Volьt elementida zanjir uzuq bo'lsa ham, juda kam bo'lsa-da, sulьfat kislotada rux eriydi. Agar ruxni simob bilan ishlab rux amalьgamasi qatlami qoplansa va elektrolit sifatida rux xlorid eritmasi ZnCl yoki ammoniy xlorid eritmasi NN_4S1 tanlansa, unda tok yo'qligida rux juda sekin sarf bo'ladi va biz qilayotgan taxmin haqiqatga yaqin bo'ladi. Tok borligida elektrolitga o'tgan elektrod massasi:

$$m = Kq$$

ga teng, bunda K — elektrod metalining elektroximiyaviy ekvivalenti (189-§ ga taqqoslang), q — element orqali o'tgan to'liq zaryad. Ximiyaviy reaktsiyalarda ikkala elektrodda ajraladigan energiya uchun quyidagiga ega bo'lamiz:

$$Q_x = (p_1K_1 + p_2K_2)q.$$

Element tutashtirilganda zanjirda tok ham ish bajaradi, u Joulь—Lents issiqligiga aylanadi. Biz zanjirda hech qaerda elektr zaryadlari to'planmasligini, demak, tok faqat tashqi zanjirdagina mavjud bo'lmay, balki element ichida ham bo'lishini hisobga olishimiz kerak. Tok uchun galьvanik element *ichki qarshilik* deb ataladigan ma'lum qarshilik ko'rsatadi. Bu qarshilik elektrolit va elektrodlarning qarshiligidan iborat. Element doimiy temperaturada saqlanadi deb hisoblaymiz va undan biz faqat kuchsiz tok olamiz (qat'iy qilib aytganda cheksiz kichik tok olamiz). Bu holda element ichida elektrolitda sezilarli kontsentratsiyalar farqi ham, sezilarli temperaturalar farqi ham paydo bo'lmaydi va vaqtning istalgan momentida elementning holati tok yo'qligidagi muvozanat holatdan juda kam farq qiladi. Elementning bunday ish rejimini ko'pincha *kvazistatik* rejim deb ataladi. Biroq, agar element temperaturasi doimiy saqlansa, unda tok borligida element atrof

muhitga Q_T miqdorda issiqlik beradi (yoki, aksincha, undan oladi). Bu issiqlik temperaturani doimiy saqlab turish uchun kerak.

Endi qaralayotgan yopiq zanjirga termodinamikaning birinchi qonunini (energiya saqlanishining umumiy qonunini) tatbiq qilamiz. Unda

$$Q_x = A + Q_T, \qquad (67.1)$$

bunda A — tok bajargan ish. Albatta, bu formulaga kirgan barcha kattaliklar bir sistema birliklarida (issiqlik yoki mexanikaviy birliklarda) ifodalanishi lozim.

Juda aniq fikr yuritganimizda biz yana quyidagini: tok borligida ikki turli o'tkazgich kontaktlarida qo'shimcha miqdorda issiqlik ajralishi yoki yutilishini (tokning yo'nalishiga bog'liq ravishda) hisobga olishimiz lozim edi. Biroq Peльтье issiqligi deb ataladigan bu issiqlik (200-§ ga q.) odatda ximiyaviy reaktsiyalardagi issiqlik va Joulь—Lents issiqligiga qaraganda ancha kam, shuning uchun ham ularni hisobga olmasa ham bo'ladi.

Hatto kvazistatik rejimda ximiyaviy reaktsiyaning hamma energiyasi tok bajargan ishga aylanmay, faqat

$$A = Q_x - Q_T$$

farqgina ishga aylanadi. Agar biz elementdan chekli bir tok kuchi olgan bo'lsak, unda element ichida qo'shimcha protsesslar ro'y berardi. Bu protsesslar kontsentratsiyalar va temperaturalar farqi bilan bog'liq bo'lgan protsessdir. Tokning foydali ishi bundan ham kam bo'ladi. Kvazistatik protsess uchun A kattalik ximiyaviy reaktsiyaning *maksimal ishi* deyiladi. Berilgan temperaturadagi maksimal ish Q_x energiyaning ma'lum ulushidan iborat bo'lib, u ham Q_x kabi zanjir orqali o'tgan zaryad kattaligiga proportsional. SHuning uchun

$$A = \mathcal{E}\, q$$

deyish mumkin, bunda $\mathcal{E}$ - birlik zaryadga mo'ljallangan muayyan ximiyaviy reaktsiyaning (yoki reaktsiyalarning) maksimal ishi, U galьvanik elementning *elektr yurituvchi kuchi* deb ataladigan bo'ldi.

A ni tokning to'liq ishiga (tashqi zanjir va manba ichidagi) tenglashtirib,

$$\mathcal{E}\, q = R i^2 t + r i^2 t$$

ga ega bo'lamiz, bunda r — elementning ichki qarshiligi. Tenglikning ikkala qismini zaryad kattaligi $q = it$ ga bo'lib, quyidagini topamiz:

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R + r}. \qquad (67.2)$$

Olingan bu qonun (67.2) *yopiq zanjir uchun Om qonuni* deyiladi. Tashqi va ichki qarshiliklarning yig'indisi ($R + r$) ni *zanjirning to'la qarshiligi* deyiladi. (67.2) formula har qanday galьvanik element uchun unga xarakterli bo'lgan kattalikni — elektr yurituvchi kuchni shunday tarzda kiritish mumkinki, uni zanjirning to'la qarshiligiga bo'lishdan chiqqan bo'linma zanjirdagi tok kuchiga teng bo'ladi.

(67.2) dan E ning o'lchamligi kuchlanish o'lchamligiga mos kelishi ko'rinib turibdi, shuning uchun EYUK. ham kuchlanish birliklarida ifodalanadi.

Ximiyaviy reaktsiyada ajralgan Q_x energiya kabi berilgan kattalikdagi zaryadning o'tishidagi *A* maksimal ish ham faqat elektrodlar va elektrolitning tabiatigagina bog'liq. SHuning uchun galьvanik elementning e.yu.kuchi uning tarkibiga kiruvchi moddalarning turiga bog'liq bo'lib, element o'lchamlariga bog'liq bo'lmaydi. Aksincha, elementning ichki qarshiligi esa, har qanday boshqa o'tkazgichlar singari, uning o'lchamlari va shakliga bog'liq.

Yuqorida biz galьvanik elementniig e.yu.k. ini ximiyaviy reaktsiyaning maksimal ishi orqali aniqlagan edik. Biroq e.yu.k. ni bevosita ximiyaviy reaktsiyaning issiqlik effekti orqali ifodalash ham mumkin. Termodinamikada har qanday izotermik kvazistatik protsessda bajariladigan A ish manbadan olayot**gan** Q_x **issiqlik miqdori bilan quyidagi munosabat orqali bog'langani ko'rsatiladi:**

$$A = Q_p + T\left(\frac{\partial A}{\partial T}\right)_p ,$$

bunda p indeks tegishli kattaliklar o'zgarmas tashqi bosim ostida o'lchanganini ko'rsatadi (Gibbs—Gelьmgolьts formulasi). Bunga Q_p o'rniga tekstda keltirilgan Q_x uchun yozilgan ifodani qo'yib va $A = \mathsf{E}\, q$ deb quyidagini olamiz:

$$\mathsf{E} = (p_1K_1 + p_2K_2) + T\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_p$$

bunda o'ng qismdagi birinchi qo'shiluvchi birlik o'tgan zaryadga muljallangan elementdagi ximiyaviy reaktsiyaning issiqlik effektilir. Bu munosabatni Gelьmgolьts olgan edi va u galьvanik elementlar nazariyasida asosiy hisoblanadi.

Biz galьvanik element ko'rinishidagi tok manbaini qarab chiqib Om qonuni (67.2) ni oldik. Ammo bu qonun umumiy ahamiyatga ega. Har qanday tok manbaini, uning elektr yurituvchi kuchi bilan shunday xarakterlash mumkinki, bunda Om qonuni (67.2) o'rinli bo'ladi. Har qanday manbaning e.yu.k. ni tajribada o'lchash oson bo'lgani uchun (68-§), (67.2) formula katta ahamiyatga ega bo'lib, u har qanday zanjirdagi tok kuchini hisoblashga imkon beradi.

Om birinchi bo'lib bu (67.2) qonunni tajribada boshqa yo'l bilan aniqlaganligini qayd qilib o'tamiz. U galьvanik element bilan emas, balki termoelement bilan eksperiment o'tkazib, bu qonunni nazariy tushuntirishda elektr tok bilan suyuqlik va issiqlik oqimlari o'rtasidagi o'xshashlikdan foydalangan edi.

Manba qisqichlaridagi kuchlanish

Tok manbai o'zgaruvchan tashqi qarshilik R va ampermetr *A* dan iborat zanjir berilgan bo'lsin (92-rasm). Manba qisqichlaridagi kuchlanishni Voltmetr yordamida o'lchaymiz. Voltmetrning ulanishi *1 va 2* nuqta orasidagi kuchlanishni o'zgartirmasligi uchun Voltmetr qarshiligini yetarlicha **katta** qilib **olamiz. Voltmetr ko'rsa**tadigan kuchlanish vanjirdagi tok kuchiga bog'liqligini topamiz. Zanjir ochiq bo'lganda ($i = 0$) u eng katta bo'lib, tashqi qarshilik R ni nolgacha kamaytirganda (ampermetr qarshiligini ham qo'shganda) nolga

intiladi. Ishlayotgan manba qisqichlaridagi kuchlanish o'zgaruvchan kattalik bo'lib, manba nagruzkasiga bog'liq.

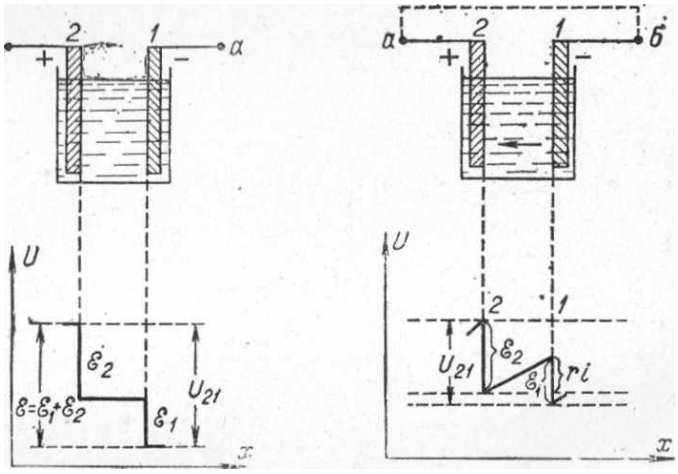
Buning tushuntirilishini Om qonunidan topamiz. Voltmetr ko'rsatadigan kuchlanish 1 va *2* nuqtalar orasidagi kuchlanishdir. Om qonuni (57.1) ni e.yu.k. bo'lmagan tashqi 2 R 1 zanjirga tatbiq qilib quyidagini olamiz:

$$U_{21} = Ri.$$

Lekin zanjirdagi tok kuchi Om qonuni (67.2) bilan ifodalanadi, shuning uchun

$$U_{21} = R\frac{\mathcal{E}}{R+r} = \mathcal{E}\left(1-\frac{r}{R+r}\right) = \mathcal{E} - ri. \qquad (68.1)$$

Qisqichlardagi kuchlanish e.yu.k. da ri qadar kam



93-rasm. Ochiq *(a)* va yopiq *(b)* galьvanik element zanjirida potentsial taqsimoti.

ekanligini ko'ramiz, u manba ichidagi kuchlanish tushishidir.

Olingan formula tashqi qarshilik R ichki qarshilik r ga qaraganda qanchalik katta bo'lsa, manba ichida kuchlanish tushishi qam shunchalik kam bo'lishini va qisqichlardagi kuchlanish e.yu.k. ga shunchalik yaqin bo'lishini ko'rsatadi. Agar $R \gg r$ (zanjir ochiq) bo'lsa, unda $U = \mathcal{E}$ **:** elektr yurituvchi kuch ochiq manba qisqichlaridagi kuchlanishga teng bo'ladi. Bu har qanday manbaning e.yu.k. ni juda oson aniqlashga imkon beradi va e.yu.k.larni o'lchashning barcha metodlari asosida yotadi.

(68.1) formulaning ma'nosini tushuntirish uchun galьvanik element zanjirida potentsial taksimlanishini qarab chiqamiz. Zanjir ochiq bo'lganda (tok yo'q) metall elektrodlar ichida, simlarda va butun elektrolitda (chet kuchlar bo'lmaganda) potentsial o'zgarmas bo'ladi (93-*a* rasm). Elektrodlar va elektrolit orasidagi yupqa chegaraviy qatlamlarda esa chet kuchlar mavjud bo'lib, $\mathcal{E}_1$ va $\mathcal{E}_2$ potentsialni tez (sakrab) o'zgartiradi. Bu sakrashlar yig'indisi elektrodlar orasidagi kuchlanishga teng bo'lib, elementning to'la e.yu.k. dan iborat. Zanjirning *a* va b nuqtalari tutashtirilganda potentsialning (93-*6* rasmda ko'rsatilgan) qayta taqsimlanishi ro'y beradi. Rasmdan ko'rinishicha, bu holda 1 va *2* nuqtalar orasidagi (elektrodlar orasidagi) kuchlanish endi $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$ yig'indiga teng bo'lmay, balki element ichida kuchlanish tushishi kattaligi ri qadar kamayadi.

Zaryadlar yopiq zanjirda aylanma harakat qiladi: zanjirning tashqi qismida musbat zaryadlar musbat elektroddan manfiy elektrodga, manba ichida esa manfiy elektroddan musbat elektrod tomon ko'chadi. Bunday bo'lishi tushunarlidir. 93-*b* rasmdan ko'rinib turibdiki, bu elektrolitning butun qalinligi bo'yicha zaryadlar katta potentsialdan kichik potentsial tomon harakatlanishiga mos keladi, ya'ni xuddi tashqi zanjirdagi kabi bo'ladi. Potentsiallar sakrab turadigan chegara qatlamlarda musbat zaryadlar potentsial ortib boradigan yo'nalishda harakatlanadi. Bu chet kuchlar yordamida amalga oshiriladi.

Agar tashqi qarshilik R ichki qarshilik r dan ancha kichik bo'lsa, unda (68.1) dan $U \square \mathcal{E}$ kelib chiqdi. Agar $R \to 0$ bo'lsa, unda $U \to 0$ bo'ladi. $R \square r$ manbaning qisqa tutashuvi deyiladi. Bunda (67.2) ga ko'ra tok kuchi maksimal bo'ladi (qisqa tutashuv toki):

$$i_{\text{ì àêñ.}} = \mathcal{E} / r . \qquad (68.2)$$

Manbaning sifati faqat uning e.yu.kuchi bilan emas, balki ichki qarshiligi bilan ham belgilanishini ko'ramiz.

(68.1)formula zanjirning biror qismidagi kuchlanishni undagi tok kuchi bilan bog'laydi va shuning uchun uni zanjirning e.yu.k.li qismi (94- rasm) uchun Om qonuni deb atash mumkin. Bundan keyin uni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$U_{12} = r i - \mathcal{E} . \qquad (68.3)$$

Bu yerda r – zanjir qismining to'liq qarshiligi (manba va o'tkazgichlarning qarshiligi). (68.3) formuladan foydalanilganda quyidagi ishoralar qoidasiga rioya qilish lozim: agar tok 1 nuqtadan *2* nuqtaga yo'nalgan bo'lsa, unda tok musbat deb hisoblanadi; agar 1 nuqtadan *2* nuqtaga ko'chib borishda manbaning manfiy qutbidan musbat qutbiga o'tilsa, e.yu.k. musbat deb hisoblanadi.

Elektr yurituvchi kuch va manba bajargan ish

Yuqorida galьvanik elementlar misolida kiritilgan elektr yurituvchi kuch tushunchasini u har qanday tok manbai uchun o'rinli buladigan qilib umumlashtirish mumkin. Qo'zg'almas birinchi klass o'tkazgichlardan iborat tashqi zanjirga tok yuboradigan ixtiyoriy tok manbaini qarab chiqamiz. Zanjirdagi tok kuchi uchun ifodani oldingi ko'rinishda yozamiz:

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

(yopiq zanjir uchun Om qonuni) va umumiy holda $\mathcal{E}$ qanday fizikaviy ma'noga ega ekanligini aniqlaymiz. Bu tenglikning ikkala qismini ham $it = q$ ga ko'paytiramiz, bunda t – tokning o'tish vaqti, q – zanjirdan o'tgan to'liq zaryad. Unda

$$i^2 Rt + i^2 r t = \mathcal{E}\, i t = \mathcal{E}\, q.$$

CHap tomonda butun zanjir bo'yicha tok bajargan to'liq ish, ya'ni manba bajargan ish turibdi. Uni *A* orqali belgilab

$$A = \mathcal{E}\, i t = \mathcal{E}\, q \qquad (69.1)$$

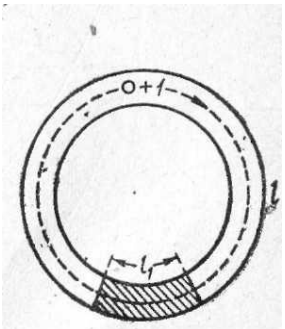
ni olamiz. Binobarin, har qanday tok manbai bajargan ish uning e.yu.k.ining zanjirdan o'tgan to'liq zaryadga ko'paytmasi bilan ifodalanadi.

(69.1) da $q=+1$ deb $\mathcal{E}=A$ ni olamiz. Bu e.yu.k. ni ish orqali ta'riflash imkonini beradi: har qanday zanjirdagi elektr yurituvchi kuch +1 zaryadni shu zanjir bo'yicha ko'chirishda bajariladigan ish bilan o'lchanadi.

64-§ da har qanday tok manbaida zaryadlarga elektrostatik maydon kuchlaridan farq qiladigan qandaydir kuchlar (chet kuchlar) ta'sir qiladi, albatta. E.yu.k. li zanjirda bajariladigan ish chet kuchlar bajargan ishdir, shuning uchun e.yu.k. ni mana shu kuchlar orqali ifodalash mumkin. Yangi kattalik kiritib, uni *chet kuchlarning maydon kuchlanganligi* deb ataymiz. Bu kattalikni +1 zaryadga ta'sir qiluvchi kuch kabi aniqlaymiz. Bu kuch elektrostatik maydondan tashqari har qanday sabablar bilan yuzaga kelgan. Unda +1 zaryadga ta'sir qiluvchi to'liq kuch

$$\boldsymbol{E}+\boldsymbol{E}^*$$

bo'ladi, bunda $\boldsymbol{E}$ - elektrostatik maydon kuchlanganligi, $\boldsymbol{E}^*$-chet kuchlarning maydon kuchlanganligi.



95- расм. Э.ю.к. таърифига доир.

Endi e.yu.k. li yopiq zanjir l ni qarab chiqaylik (9.5-rasm) va +1 zaryad bu zanjirni aylanib o'tadi deb faraz qilaylik. Unda bajariladigan ish

$$\oint_l (E_l+E_l^*)\,dl$$

bunda l indeks tegishli qattalikning dl ko'chish yo'nalishiga proektsiyasini belgilaydi,

integrallash esa butun yopiq zanjir l bo'yicha bajariladi. Ammo 17-§ ga ko'ra elektrostatik maydonda yopiq kontur bo'yicha kuchlanish nolga teng, ya'ni

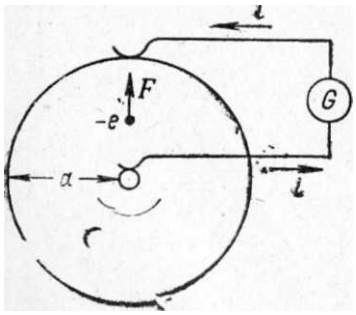
$$\oint E_l\,dl=0$$

SHuning uchun

$$\mathcal{E}=\oint_l E_l^*\,dl. \qquad (69.2)$$

Agar zanjirning l_1 qismidagina (95-rasm) E noldan farqli bo'lsa, unda boshqa hamma uchastkalar uchun (69.2) dagi integral ostidagi ifoda nolga teng bo'ladi va shuning uchun integrallashni zanjirning faqat l_1 uchastkasi bo'yicha olish mumkin.

Hozir biz juda sodda misol bilan cheklanamiz. Radiusi a bo'lgan metall disk (96-rasm) ω burchak tezlik bilan aylanayotgan bo'lsin. Disk elektr zanjiriga disk o'qi va uning aylanasiga tegadigan sirpanuvchi kontaktlar yordamida ulangan. Bu holda mstallning har bir elektroniga markazdan qochma kuch ta'sir qiladn. Mana shu kuchning o'zi chet kuch bo'ladi. SHuning uchun diskda e.yu.k. paydo bo'ladi va disk o'qi hamda tashqi chetlari orasida kuchlanish



96- расм, Э.ю,к. *нц* ҳисоблашга Ийсо* **V**

yuzaga keladi. Mana shu e.yu.k. kattaligini hisoblaymiz. Markazga intilma kuch

$$F = m r \omega^2$$

ga teng, bunda r – disk o'qidan elektrongacha bo'lgan masofa, m – elektronning massasi. Mana shu kuch elektron zaryadi l ga ta'sir qiladi va shuning uchun

$$E^* = \frac{F}{e} = \frac{m r \omega^2}{e}.$$

Paydo bo'ladigan e.yu.k. quyidagiga teng:

$$\mathsf{E} = \int_0^a E^* dr = \frac{m\omega^2}{\varepsilon}\int_0^a r\,dr = \frac{m\omega^2 a^2}{2\varepsilon}.$$

Bunda

$a = 0{,}1$ m, $\omega = 10^3$ sek^{-1}, $m = 9\cdot 10^{-31}$ kg va $e = 1{,}6\cdot 10^{-19}$ Kl deb olib, e.yu.k. kattaligini topamiz:

$$\mathsf{E} = \frac{9\cdot 10^{-31}\cdot (10^3)^2\cdot (0{,}1)^2}{2\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}} \approx 3\cdot 10^{-8}\,\text{B}$$

Nazorat savollari

1. Tok manbalari deganda nimani tushunasiz?
2. Kirxgof qonunlarini mohiyatini tushuntiring?
3. Tarmoqlangan zanjirlarning hisoblashni xususiy hollari qanday?
4. Elektr yurutuvchi kuchni tushuntirib bering?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.

13-maruza. Tok manbaining foydali ish koeffitsienti.Om qonunining differentsial ko'rinishi. Berk zanjir uchun Om qonuni. Elektr uzatish tizimining foydali ish koeffitsienti. Tarmoqlangan zanjirlar uchun qoidalar.

Reja:

1. Tok manbaining foydali ish koeffitsienti.
2. Om qonunining differentsial ko'rinishi.
3. Berk zanjir uchun Om qonuni.
4. Elektr uzatish tizimining foydali ish koeffitsienti.

Tok manbalari

O'tkazgich uchlarida kuchlanish hosil qilish uchun zaryadlangan kondensatorlardan

foydalanilsa, o'tkazgichda o'zgarmas tok olish mumkin emasligini ko'rish oson. Haqiqatan ham, tok mavjud bo'lganda zaryadlarning bir qoplamadan ikkinchisiga o'tishi kuzatiladi va bunda tok yo'nalishi qoplamalar zaryadlarining kamayishi yo'nalishida bo'ladi. Natijada qoplamalar orasidagi kuchlanish kamaya boradi va Om qonuniga ko'ra (57-§) o'tkazgichdagi tok kuchi kamayadi. Bu hol har qanday elektrostatik maydon uchun umumiy: bunday maydon doim zaryadlarni potentsiallar farqi kamayadigan qilib ko'chiradi.

O'zgarmas tok olish uchun elektr zanjiridagi zaryadlarga elektrostatik maydon kuchidan farq qiladigan qandaydir kuchlar ta'sir qilishi lozim. Bunday kuchlar chet kuchlar deb atalgan. CHet kuchlar paydo bo'ladigan har qanday qurilmani tok manbai deb ataymiz. Masalan, galьvanik elementlar tok manbai bo'ladi.

Agar gidrostatik o'xshatishdan foydalanilsa, unda elektrostatik mandonni tutash idishlarda suyuqlik sathini tenglashtirishga intilayotgan og'irlik kuchiga o'xshatish mumkin; tok manbaini esa og'irlik kuchiga qarshi ishlayotgan va suyuqlik toki borligiga qaramay idishlardagi sathlar farqini tiklayotgan nasos bilan taqqoslash mumkin.

Bizning hozirgi vazifamiz tok manbalarining miqdoriy xarakteristikalarini aniqlash va ular bilan zanjirdagi tok kuchi orasidagi bog'lanishni tushunib olishdir. Tok manbai sifatida galьvanik elementni olamiz, so'ngra olingan natijalarni har qanday manba uchun umumlashtiramiz. Bu masalalarni tahlil qilishda termodinamikaning birinchi qonuniga (energiya saqlanishining umumiy qonuniga) asoslanamiz va yopiq tok zanjirida energiyalarning qanday o'zgarishlari ro'y berayotganini qarab chiqamiz.

O'zgarmas tokning ishi va quvvati. Joul— Lens qonuni

Zanjirning istalgan uchastkasida elektr tok ma'lum ish bajaradi. Zanjirning ixtiyoriy uchastkasi berilgan bo'lib (90-rasm), uning uchlari orasida U kuchlanish mavjud bo'lsin. Elektr kuchlanishning ta'rifiga ko'ra (17-§) birlik zaryadni a va b nuqtalar orasida ko'chirishda bajarilgan ish U ga teng. Agar zanjir uchastkasida tok kuchi i ga teng bo'lsa, unda t vaqt ichida it zaryad o'tadi va bu uchastkada elektr tok bajargan ish quyidagiga teng bo'ladi:

$$A = U i t. \qquad (65.1)$$

Bu ifoda har qanday holdagi o'zgarmas tok uchun, birinchi va ikkinchi klass o'tkazgichlar, elektromotorlar va boshqalarni ulash mumkin bo'lgan zanjirning har qanday uchastkasi uchun o'rinli. Tokning quvvati, ya'ni

90-rasm. Elektr tokning bajargan ishinn hisoblashga doir.

vaqt birligida bajarilgan ish quyidagiga teng:

$$P = A/t = U i. \qquad (65.2)$$

(65.2) formuladan SI sistemasida kuchlanish birligini aniqlash uchun foydalaniladi. Kuchlanish birligi volt quyidagicha aniqlandi:

$$1\ V = 1\ Vt/A.$$

Volt shunday kuchlanishki, quvvat 1Vt bo'lganda elektr zanjirida kuchi 1 A bo'lgan o'zgarmas tok hosil qiladi.

Endi zanjir uchastkasi qo'zg'almas birinchi klass o'tkazgichdan iborat deb

hisoblaymiz. Unda o'tkazgichda ajraladigan issiqlikning hammasi ishga aylanadi. Agar o'tkazgich bir jinsli bo'lib, Om qonuniga bo'ysunsa (bunga barcha metallar va elektrolitlar kiradi), unda $U = ir$, bunda r – o'tkazgichning qarshiligi. Bu holda

$$A = r i^2 t. \qquad (65.3)$$

Bu qonunni birinchi bo'lib Lents va undan mustaqil ravishda Joulь aniqlangan edi. SHuni qayd qilib o'tamizki, tokli o'tkazgichlarning qizish xossasidan texnikada keng foydalaniladi. Ulardan eng muhimi — cho'g'lanma yoritish lampalaridir. Zamonaviy cho'g'lanma lampalar qator olimlarning qunt bilan va uzoq muddatli ishlarining natijasidir. CHo'g'lanma lampalar taraqqiyotida A.N.Lodiginning ishlari katta ahamiyatga ega. U 1873 yildayoq Peterburgda turli tipdagn lampalarni ochiq namoyish qildi. Lodiginning birinchi lampalari shisha shar shakliga ega bo'lib, unda ikkita mis sterjenga maxsus ko'mir sterjenmahkamlangan edi. Lampalarning xizmat qilish muddatini oshirish usullarini qidirishda u xodimlari bilan birgalikda lampalar ichidan havoni so'rib olishnn taklif qildi va uzoqroq xizmat qiladigan sirti kuyib ko'mirga aylanadigan organik tolalar ko'rinishidagi cho'g'lanma jismlarni topgan edi. 1890 yilda Lodigin qiyin eriydigan metallar: volfram, molibden va boshqalardan qilingan metall tolali cho'g'lanma lampalar kiritdi. Juda keng sanoat masshtabida qo'yilgan Edison ishlari cho'g'lanma lampalarni praktikaga tatbiq qilishga olib keldi. Keyingi vaqtlarda ikki muhim takomillashtirish qilindi: cho'g'lanadigan jismni ingichka spiral ko'rinishida tayyorlana boshlandi, bu issiqlik berishni kamaytirishga olib keldi va sezilarli darajada changlanmagani holda (Lengmyur) cho'g'lanma tola temperaturasini oshirish imkoniga ega bo'lish uchun lampa balloni inert gazlar bilan to'ldirila boshlandi.

Galvanik elementda ajraladigan energiya

Zanjirda biror galьvanik element tok hosil qilsa, unda element ichida ximiyaviy reaktsiya ro'y beradi. Ko'pgina elementlarda asosiy reaktsiya katod elementi bo'lib hisoblangan rux elektrodning elektrolit bilan birikishidan iborat va shuning uchun element ishlayotgan vaqtda metall rux sarf bo'ladi, eritmada esa yangi moddalar — reaktsiya mahsulotlari paydo bo'ladi. Eng sodda element - Volt elementida (2-rasm) bu reaktsiya quyidagicha bo'ladi:

$$Zn + N2SO4 = ZnSO4 + N2.$$

Ammo tajriba har qanday reaktsiyada ma'lum miqdorda energiya yo yutilishini, yo ajralishini ko'rsatadi. Bundan keyin biz ximiyaviy reaktsiya tashqi doimiy bosim ostida ro'y beradi deb faraz qilamiz. Bunda Q_x issiqlik miqdori ajraladi:

$$Q_x = p m, \qquad (66.1)$$

bunda Q_X— reaktsiyada ajralgan modda miqdori. r kattalik ximiyaviy reaktsiyaning issiqlik effektini aniqlaydi va qaralayotgan moddaning massa birligi reaktsiyaga kirishganda qancha miqdorda issiqlik miqdori ajralishini ko'rsatadi. Agar reaktsiya vaqtida issiqlik ajralayotgan bo'lsa, unda r musbat, agar issiqlik yutilayotgan bo'lsa, r manfiy bo'ladi. Masalan, ko'rsatilgan reaktsiyada 1g ruxning sulьfat kislota bilan o'zaro ta'sirlashishida rux sulьfat hosil bo'lishida 6900 J issiqlik ajraladi va shuning uchun rux bo'yicha hisoblangan mazkur reaktsiyaning issiqlik effekti $p = 6,9 \cdot 10^6$ J/kg bo'ladi.

Ximiyaviy reaktsiya energiyasi galьvanik elementlarda ajralayotgan energiyaning o'zginasidir. Uning o'lchovi reaktsiyaning issiqlik effektidir.

Galvanik elementning elektr yurituvchi kuchi

Endi qarshiligi bo'lgan o'tkazgich bilan tutashtirilgan biror galьvanik elementni qarab chiqamiz (91-rasm). Tok yo'qligida elementda hech qanday ximiyaviy reaktsiya ro'y bermaydi deb hisoblaymiz. Bu elektrolit bilan hamma metallar kombinatsiyasi uchun o'rinli bo'lavermaydi. Masalan, Volьt elementida zanjir uzuq bo'lsa ham, juda kam bo'lsa-da, sulьfat kislotada rux eriydi. Agar ruxni simob bilan ishlab rux amalьgamasi qatlami qoplansa va elektrolit sifatida rux xlorid eritmasi ZnCl yoki ammoniy xlorid eritmasi NN4S1 tanlansa, unda tok yo'qligida rux juda sekin sarf bo'ladi va biz qilayotgan taxmin haqiqatga yaqin bo'ladi. Tok borligida elektrolitga o'tgan elektrod massasi:

$$m = Kq$$

ga teng, bunda K — elektrod metalining elektroximiyaviy ekvivalenti (189-§ ga taqqoslang), q — element orqali o'tgan to'liq zaryad. Ximiyaviy reaktsiyalarda ikkala elektrodda ajraladigan energiya uchun quyidagiga ega bo'lamiz:

$$Q_x = (p_1K_1 + p_2K_2)q.$$

Element tutashtirilganda zanjirda tok ham ish bajaradi, u Joul -Lents issiqligiga aylanadi. Biz zanjirda hech qaerda elektr zaryadlari to'planmasligini, demak, tok faqat tashqi zanjirdagina mavjud bo'lmay, balki element ichida ham bo'lishini hisobga olishimiz kerak. Tok uchun galьvanik element ichki qarshilik deb ataladigan ma'lum qarshilik ko'rsatadi. Bu qarshilik elektrolit va elektrodlarning qarshiligidan iborat. Element doimiy temperaturada saqlanadi deb hisoblaymiz va undan biz faqat kuchsiz tok olamiz (qat'iy qilib aytganda cheksiz kichik tok olamiz). Bu holda element ichida elektrolitda sezilarli kontsentratsiyalar farqi ham, sezilarli temperaturalar farqi ham paydo bo'lmaydi va vaqtning istalgan momentida elementning holati tok yo'qligidagi muvozanat holatdan juda kam farq qiladi. Elementning bunday ish rejimini ko'pincha kvazistatik rejim deb ataladi. Biroq, agar element temperaturasi doimiy saqlansa, unda tok borligida element atrof muhitga Q_T miqdorda issiqlik beradi (yoki, aksincha, undan oladi). Bu issiqlik temperaturani doimiy saqlab turish uchun kerak.

Endi qaralayotgan yopiq zanjirga termodinamikaning birinchi qonunini (energiya saqlanishining umumiy qonunini) tatbiq qilamiz. Unda

$$Q_x = A + Q_T, \qquad (67.1)$$

bunda A — tok bajargan ish. Albatta, bu formulaga kirgan barcha kattaliklar bir sistema birliklarida (issiqlik yoki mexanikaviy birliklarda) ifodalanishi lozim.

Juda aniq fikr yuritganimizda biz yana quyidagini: tok borligida ikki turli o'tkazgich kontaktlarida qo'shimcha miqdorda issiqlik ajralishi yoki yutilishini (tokning yo'nalishiga bog'liq ravishda) hisobga olishimiz lozim edi. Biroq Pelte issiqligi deb ataladigan bu issiqlik (200-§ ga q.) odatda ximiyaviy reaksiyalardagi issiqlik va Joul—Lens issiqligiga qaraganda ancha kam, shuning uchun ham ularni hisobga olmasa ham bo'ladi.

Hatto kvazistatik rejimda ximiyaviy reaksiyaning hamma energiyasi tok bajargan

ishga aylanmay, faqat

$$A = Q_x - Q_T$$

farqgina ishga aylanadi. Agar biz elementdan chekli bir tok kuchi olgan bo'lsak, unda element ichida qo'shimcha protsesslar ro'y berardi. Bu protsesslar kontsentratsiyalar va temperaturalar farqi bilan bog'liq bo'lgan protsessdir. Tokning foydali ishi bundan ham kam bo'ladi. Kvazistatik protsess uchun A kattalik ximiyaviy reaktsiyaning maksimal ishi deyiladi. Berilgan temperaturadagi maksimal ish Q_x energiyaning ma'lum ulushidan iborat bo'lib, u ham Q_x kabi zanjir orqali o'tgan zaryad kattaligiga proportsional. SHuning uchun

$$A = \mathcal{E}\, q$$

deyish mumkin, bunda $\mathcal{E}$ - birlik zaryadga mo'ljallangan muayyan ximiyaviy reaktsiyaning (yoki reaktsiyalarning) maksimal ishi, U galvanik elementning elektr yurituvchi kuchi deb ataladigan bo'ldi.

A ni tokning to'liq ishiga (tashqi zanjir va manba ichidagi) tenglashtirib,

$$\mathcal{E}\, q = R i^2 t + r i^2 t$$

ga ega bo'lamiz, bunda r — elementning ichki qarshiligi. Tenglikning ikkala qismini zaryad kattaligi $q = i t$ ga bo'lib, quyidagini topamiz:

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R + r}. \qquad (67.2)$$

Olingan bu qonun (67.2) yopiq zanjir uchun Om qonuni deyiladi. Tashqi va ichki qarshiliklarning yig'indisi ($R + r$) ni zanjirning to'la qarshiligi deyiladi. (67.2) formula har qanday galvanik element uchun unga xarakterli bo'lgan kattalikni — elektr yurituvchi kuchni shunday tarzda kiritish mumkinki, uni zanjirning to'la qarshiligiga bo'lishdan chiqqan bo'linma zanjirdagi tok kuchiga teng bo'ladi.

(67.2) dan $\mathcal{E}$ ning o'lchamligi kuchlanish o'lchamligiga mos kelishi ko'rinib turibdi, shuning uchun e.yu.k. ham kuchlanish birliklarida ifodalanadi.

Ximiyaviy reaktsiyada ajralgan Q_x energiya kabi berilgan kattalikdagi zaryadning o'tishidagi A maksimal ish ham faqat elektrodlar va elektrolitning tabiatigagina bog'liq. SHuning uchun galьvanik elementning e.yu.kuchi uning tarkibiga kiruvchi moddalarning turiga bog'liq bo'lib, element o'lchamlariga bog'liq bo'lmaydi. Aksincha, elementning ichki qarshiligi esa, har qanday boshqa o'tkazgichlar singari, uning o'lchamlari va shakliga bog'liq.

Yuqorida biz galvanik elementniig e.yu.k. ini ximiyaviy reaktsiyaning maksimal ishi orqali aniqlagan edik. Biroq e.yu.k. ni bevosita ximiyaviy reaksiyaning issiqlik effekti orqali ifodalash ham mumkin. Termodinamikada har qanday izotermik kvazistatik protsessda bajariladigan aish manbadan olayotgan Q_x issiqlik miqdori bilan quyidagi munosabat orqali bog'langani ko'rsatiladi:

$$A = Q_p + T\left(\frac{\partial A}{\partial T}\right)_p,$$

bunda p indeks tegishli kattaliklar o'zgarmas tashqi bosim ostida o'lchanganini ko'rsatadi (Gibbs—Gelmgolts formulasi). Bunga Q_p o'rniga tekstda keltirilgan Q_x uchun yozilgan ifodani qo'yib va $A = \mathcal{E}\, q$ deb quyidagini olamiz:

$$= (p_1K_1 + p_2K_2) + T\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_p$$

bunda o'ng qismdagi birinchi qo'shiluvchi birlik o'tgan zaryadga muljallangan elementdagi ximiyaviy reaktsiyaning issiqlik effektilir. Bu munosabatni Gelmgolts olgan edi va u galvanik elementlar nazariyasida asosiy hisoblanadi.

Biz galьvanik element ko'rinishidagi tok manbaini qarab chiqib Om qonuni (67.2) ni oldik. Ammo bu qonun umumiy ahamiyatga ega. Har qanday tok manbaini, uning elektr yurituvchi kuchi bilan shunday xarakterlash mumkinki, bunda Om qonuni (67.2) o'rinli bo'ladi. Har qanday manbaning e.yu.k. ni tajribada o'lchash oson bo'lgani uchun (68-§), (67.2) formula katta ahamiyatga ega bo'lib, u har qanday zanjirdagi tok kuchini hisoblashga imkon beradi.

Om birinchi bo'lib bu (67.2) qonunni tajribada boshqa yo'l bilan aniqlaganligini qayd qilib o'tamiz. U galvanik element bilan emas, balki termoelement bilan eksperiment o'tkazib, bu qonunni nazariy tushuntirishda elektr tok bilan suyuqlik va issiqlik oqimlari o'rtasidagi o'xshashlikdan foydalangan edi.

Tashqi zanjirdagi quvvat va tok manbaining foydali ish koeffitsienti

Endi tok manbai energiyasidan foydalanish haqidagi muhim amaliy masalani qarab chiqamiz.

E. yu. k. $\mathcal{E}$ va ichki qarshiligi r bo'lgan biror manba qarshiligi R bo'lgan tashqi eaijyrg'a ulangan bo'lsin. Bunda tashqi zanjirda Raquvvat ajraladi. U quvvat

$$P_a = Ui = Ri^2 = \mathcal{E}^2 \frac{R}{(R+r)^2},$$

ga teng. Bizda berilgan manba yordamida tashqi zanjirda olish mumkin bo'lgan maksimal quvvat $(P_a)_{\text{ìàêñ.}}$ ga erishish istagi bo'lsin. Buning uchun tashqi qarshilik R ni o'zgartiramiz. Endi Raifodasini R bo'yicha differentsiallab va birinchi hosilani nolga tenglashtirib, maksimal quvvatga mos keluvchi $R = R_m$ qiymatni olamiz. Bu quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{dP_a}{dR} = \mathcal{E}^2 \frac{r^2 - r_m^2}{(r+R_m)^4} = 0,$$

bundan r va R doim musbat ekanligini hisobga olib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$R_m = r.$$

Agar tashqi zanjirning qarshiligi manbaning ichki qarshiligiga teng bo'lsa, tashqi zanjirda ajraladigan quvvat eng katta qiymatga erishadi. Bunda zanjirdagi tok $\mathcal{E}/2r$ ga, ya'ni qisqa tutashuv tokining yarmiga teng, quvvatning mumkin bo'lgan eng katta qiymati

$$(P_a)_{\text{ìàêñ.}} = \mathcal{E}^2/4r.$$

Biroq tok manbalarndan amaliy foydalanishda faqat quvvatgina muhim bo'lmay, shu bilan birga ularning foydali ish koeffitsientlari (f.i.k.) ham muhim ahamiyatga ega. Manba tashqi zanjirga ishlayotganda tok manba ichidan ham o'tadi va shuning uchun quvvatning bir qismi manba ichida issiqlik ajralishiga sarf bo'lib, isrof bo'ladi. Bu quvvat

$$P_i = r\,i^2$$

bo'ladi, u holda manbaning foydali quvvati

$$P = Ri^2 + ri^2 = \mathcal{E}\, i.$$

SHuning uchun manbaning f.i.k.

$$\eta = \frac{P_a}{P} = \frac{U}{\mathcal{E}}.$$

Hamma vaqt $U \le R$ bo'lgani uchun $\eta \le 1$ bo'ladi.

Rava η ning manbadan olinayotgan tok kuchi i ga qanday bog'liqligini mufassalroq qarab chiqamiz. Foydali quvvat Rani quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$P_a = P - P_i = \mathcal{E}\, i - r i^2$$

i o'zgarishi bilan P_a parabolik qonun bo'yicha o'zgaradi. Agar

$$i(\mathcal{E} - r i) = 0$$

bo'lsa, P_a nolga aylanadi. Bu esa tokning ikki qiymatini beradi:

$$i_1 = 0 \quad \text{va} \quad i_2 = \mathcal{E} / r.$$

Birinchi yechim zanjir ochiqligiga ($R \square r$)mos keladi, ikkinchi yechim esa qisqa tutashuvga ($R \square r$)mos keladi. F.i.k.ning tok kuchiga bog'liqligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\eta = \frac{P_a}{P} = \frac{\mathcal{E}\, i - r i^2}{\mathcal{E}\, i} = 1 - \frac{r}{\mathcal{E}} i.$$

Zanjir ochiq bo'lgan holda f.i.k. eng katta qiymatga erishadi, ya'ni $\eta = 1$, so'ngra chiziqli qonun bo'yicha kamayib borib, qisqa tutashuvda nolga aylanadi.

R, Rava η ning tok kuchi i ga bog'liqligi 104-rasmda grafik tarzda tasvirlangan. Bundan eng katta foydali quvvat Rava eng katta f.i.k. η ni olish shartlari birgalikda bajarilmasligini ko'ramiz. Raeng katta qiymatga erishganda tok kuchi $\mathcal{E}/2r$ ga va f.i.k. $\eta = 1/2$ yoki 50% ga teng. F.i.k. η birga yaqin bo'lganda foydali quvvat Ramazkur manba erisha oladigan maksimal quvvat $(P_a)_{\text{ì àêñ}}$ ga qaraganda kam.

Elektr kuch qurilmalarida yuqori f.i.k. olish muhim talablardan hisoblanadi. Buning uchun

$$\frac{ri}{\mathcal{E}} = \frac{ri}{(R+r)i} = \frac{r}{R+r} \square 1$$

bo'lishi kerak, ya'ni manbaning ichki qarshiligi r nagruzka (tarmoq) ning qarshiligi R ga qaraganda kichik bo'lishi lozim. Bunda manba ichida ajraladigan quvvat P_i nagruzkadagi foydali quvvat Raga qaraganda kichik bo'ladi.

Qisqa tutashuv holida, yuqorida ko'rganimizdagi kabi, Ra= 0 va quvvatning hammasi manba ichida ajraladi, bu esa manbaning ichki qismlarini qizdirishi va uni ishdan chiqarishi mumkin. SHu sababli, qudratli (katta quvvatli) manbalar (dinamomashina, akkumulyatorlar batareyasi) da qisqa tutashuvga yo'l qo'ymaslik kerak.

Nazorat savollari.

1.Tok manbaining foydali ish koeffitsienti qanday aniqlanadi?
2. Om qonunining differentsial ko'rinishi qanday?
3. Berk zanjir uchun Om qonunini tushuntirib bering?
4. Elektr uzatish tizimining foydali ish koeffitsienti qanday?.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.

14-maruza. Metallar o'tkazuvchanligining elektron nazariyasi. Rikke, Mandelshtam-Papaleksi va Styuart-Tolmen tajribalari.

Reja:

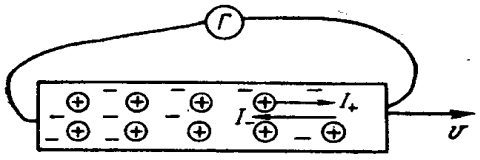
1. Metallar o'tkazuvchanligining elektron nazariyasi.
2. Rike, Mandelshtam - Papaleksi va Styuart - Tolmen tajribalari.

Metallarda zaryad tashuvchilarning tabiati.

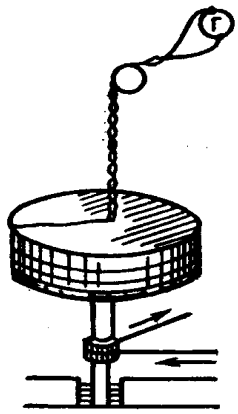
Metallarda zaryad tashuvchi zarraning tabiatini aniqlash uchun quyidagi

tajribalar qilingan.

1. Rikke ikkita mis silindr o'rtasiga shu diametrdagi alyuminiy silindrni qo'yib, bu sistema orqali uzluksiz ravishda bir yil tok o'tkazganda, ulardan $3.5 \cdot 10^6$ *Кл* zaryad miqdori o'tgan. Ammo silindrlarning rangi ham, massasi ham o'zgarmagan. Bundan ko'rinadiki, metallarda tok tashuvchi zarra ion yoki atom emas. Ular bo'lganlarida juda bo'lmaganda massasi o'zgarar edi.



62- расм.



63- расм.

2. Metall bo'lakchasini olib uning ikki uchiga ketma-ket ravishda ulangan galhvanometr bilan birgalikda υ tezlik bilan harakatlantiraylik. Birga harakatlanganda galhvanometr strelkasi og'maydi. Metall bo'lakchasi keskin to'xtasa yoki keskin harakatlansa, galhvanometr strelkasi og'adi. Demak, tok tashuvchi zarra zaryadga ega bo'lishi bilan birga massaga ham ega ekan. SHuning uchun mexanikaning inersiya konuniga asosan metall to'xtaganda ham zarra harakatlandi (62-rasm). Bu tajriba g'oyasi Mandelhshtam va Papaleksi tomonidan aytilgan. Ular sim o'ralgan g'altak olib, uning o'qi atrofida tebranma harakatga keltirilganlarida berk zanjir bo'ylab o'zgaruvchan elektr toki hosil bo'lgan. So'ngra G. Lorens ushbu tajribani Tolmen va Styuart qilgani kabi bajarib, ular bilan bir xil natija olgan. Ularning tajribalari sxemasi 63- rasmda keltirilgan.

Tajribani o'tkazishda harakatlanayotgan metall simda induksion tok hosil bo'lmasligi uchun Er magnit maydoni ta'siridan xoli holda tajriba o'tkazganlar. Ular uzunligi 500 m bo'lgan ingichka simni g'altakka o'rab, sim uchlarini elastik sim bilan galhvanometrga ulaganlar. So'ngra g'altakni o'z o'qi atrofida katta tezlikda (taxminan 30 m/s) harakatlantirib, keskin to'xtatganlarida galhvanometr strelkasi qisqa vaqt og'ganligini kuzatganlar. Strelka og'ishi manfny zaryadning harakat yo'nalishiga moc kelgan. Bu o'tkazilgan tajribalar yordamida zaryadning solishtirma zaryadi $\left(\frac{q}{m}\right)$ aniqlangan. Hisoblashlar bu kattalik elektronning solishtirma zaryadiga juda yaqin ekanligini ko'rsatadi. SHuning uchun metallarda zaryad tashuvchi zarra erkin elektronlar deyiladi. Erkin elektronlar metallning kristall panjaralariga joylashgan atomlarning valentlik ionlarining ajralib chiqishidan hosil bo'ladi. Bu elektronlarning konsentrasiyasi $n \approx (10^{28} - 10^{29})\, м^{-3}$ ga teng.

Bu hodisani matematik ravishda ifodalash uchun simning kesim yuzi S, uzunligi

l bo'lib, $V = Sl$ hajmning har bir birligidagi zaryad tashuvchi t massali zarralar soni n_0 bo'lsa, υ tezlik bilan harakatlangan o'tkazgichning kinetik energiyasi (—dW) energiya hisobiga kamayib, Jo-ulh—Lens issiqligi dQ ga aylanadi, bunda

$$-dW = Nd\langle K\rangle = n_0\, Sld\left(\frac{m\upsilon^2}{2}\right) = n_0\, Slm\upsilon d\upsilon \qquad (3.1)$$

Ikkinchidan, $I = \frac{dq}{qt}$ ekanligi hisobga olinsa, Joulh-Lens qonuniga asosan, bu energiya hisobiga ajralib chiqqan issiqlik miqdori

$$-dW = dQ = I^2\, R\, dt = IR\,(I\, dt) = IR\, dq = n_0\, S\upsilon\, eR\, dq \qquad (3.2)$$

bo'ladi. (3.1) va (3.2) formulalarning o'zaro tengligidan

$$dq = \frac{m}{e}\cdot\frac{ld\upsilon}{R} \qquad (3.3)$$

hosil bo'ladi. Bu tenglamada m—zarraning massasi va q— undagi zaryad miqdori, R— l uzunlikda olingan simning qarshiligi.

(3.3) tenglamani integrallab, quyidagini olamiz:

$$q = \int_0^t dq = \frac{ml}{eR}\int_\upsilon^0 d\upsilon = \frac{ml}{eR}\upsilon \qquad (3.4)$$

Bundan

$$\frac{q}{m} = \frac{\upsilon\, l}{eR} \qquad (3.5)$$

(3.5) tenglamaga asosan zaryad (q) ning o'z massasiga nisbati topilgan. Masalan, mic uchun $1{,}60\cdot 10^{11}$ Кл/кг, alyuminiy uchun $1{,}54\cdot 10^{11}$ Кл/кг, kumush uchun $1{,}49\cdot 10^{11}$ Кл/кг ekanligi topilgan.

Eng aniq keyingi elektr va magnit maydonlarida elektronning og'ishi asosidagi tajribalardan elektronning solishtirma zaryadi $\frac{e}{m} = 1.77\cdot 10^{11}$ Kl/kg

Metallar elektr o'tkazuvchanligining klassik elektron nazariyasi

Har qanday metallning kristall panjara tugunlarini tashkil etgan atomlar, ionlar oralig'ida erkin harakatda bo'lgan elektronlar, gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasida aytilgandek, to'qnashishlar natijasida xaotik (tartibsiz) harakatda bo'ladi. Bu elektronlar har bir momentda turli yo'nalishda tugunlarga to'qnashib bir tomonga yo'nalgan elektron guruhi bo'lmagani uchun o'tkazgichdan elektr tok o'tishi ro'y bermaydi, ya'ni tok bo'lmaydi. Agar shu o'tkazgichlarning ikki uchini potensiallari φ_1 va φ_2 bo'lgan tok manbai qutblariga ulasak, metall ichida hosil bo'lgan elektr maydon hamma elektronlarga $\vec{F} = e\vec{E}$ kuch bilan bir yo'nalishda ta'sir etib, musbat qutb tomon tezlanuvchan ha-rakatga keltiradi, o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzi orqali vaqt birligi ichida o'tgan zaryad miqdori $I = \frac{q}{t}$ tok kuchi o'tishiga olib keladi.

Drude — Lorenslarning klassik nazariyalari bo'yicha tartibsiz υ tezlik bilan harakatda bo'lgan elektronlar har bir atomli gaz molekulalari kabi issiqlik harakat

energiyasi $\frac{m\upsilon^2}{2}$ ga ega bo'lib, kinetik nazariyaga asosan:

$$\overline{\frac{m\upsilon^2}{2}} = \frac{3}{2}kT$$

Bu tenglamalarda $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ *кг*, $T = 273\ K$, $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ \frac{Ж}{K}$ qiymatlardan foydalanib, zaryadning issiqlik harakatdagi tezligini hisoblay olamiz:

$$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 10^5\ м/с$$

Elektronning erkin yugurish o'rtacha yo'li uzunligi $\langle\lambda\rangle$ bo'lsa, erkin yugurish o'rtacha vaqti $\langle\tau\rangle = \frac{\langle\lambda\rangle}{\upsilon}$ bo'ladi.

Ammo elektron uchun $\langle\lambda\rangle$ ning qiymati noma'lum, uni panjara doimiysi d dan bir necha 10 marta katta deb olish mumkin.

Elektronning panjara ionlari bilan ikki ketma-ket to'qnashishi uchun o'tgan vaqt ichidagi tezlik o'zgarishi Nyuton qonuniga ko'ra $\vec{F}\langle\tau\rangle = m\Delta\vec{\upsilon}$ va $\vec{F}_э = e\vec{E}$ bo'lgani uchun:

$$\Delta\vec{\upsilon} = \frac{F}{m}\langle\tau\rangle = \frac{e}{m}\langle\tau\rangle\vec{E}$$

Elektron dreyfining tezligi zanjir ulanish momentda nolh, to'qnashish momentda maksimal bo'lib, u

$$\upsilon_м = \frac{e}{m}\langle\tau\rangle E \qquad (3.6)$$

ga teng. Tezliklarining o'rta qiymatini aniqlasak,

$$\langle\upsilon\rangle = \frac{\upsilon_0 + \upsilon_м}{2} = \frac{e}{2m}\langle\tau\rangle E$$

bo'ladi. Hisoblashlarga asosan, u quyidagiga teng:

$$\langle\upsilon\rangle = 0{,}001\ м/с.$$

Agar tok zichligi formulasi $j = n_0 e\langle\upsilon\rangle$ ga $\langle\upsilon\rangle$ ning ifodasini qo'ysak, Om qonuni kelib chiqadi:

$$j = \frac{n_0 e^2\langle\tau\rangle}{2m}E \qquad \text{yoki} \qquad j = \sigma E. \qquad (3.7)$$

Bu ifodadan ko'rinadiki, tok zichligi elektr maydon kuchlanganligiga to'g'ri proporsional. Bu Om qonunining differensial ifodasidir.

Bundagi klassik elektron nazariya asosida chiqqan solishtirma elektr o'tkazuvchanlik

$$\sigma = \frac{n_0 e^2\langle\tau\rangle}{2m} = \frac{n_0 e^2\langle\lambda\rangle}{2m\langle\upsilon\rangle}$$

(3.8)

metallarning hajm birligidagi erkin elektronlar soniga va o'rtacha erkin yugurish yo'l uzunligiga to'g'ri proporsional. Amalda ko'pincha solishtirma elektr o'tkazuvchanlik σ o'rnida uning teskari qiymati $\frac{1}{\sigma}$ ni solishtirma qarshilik ρ yoziladi. (3.8) formuladan ko'rinadiki, agar elektron panjaradagi ionlar bilan to'qnashmasa, erkin yugurish yo'li cheksizlikka intiladi, demak, solishtirma elektr o'tkazuvchanlik ham cheksizlikka intilgan bo'lar edi. n_0 ning Avogadro soni $N_A$ga nisbati $\frac{n_0}{N_A}$ metall zichligi d ning atom massasi soni A ga nisbatiga teng: $\frac{n_0}{N_A} = \frac{d}{A}$ natijada $j = n_0 e\upsilon$ dan $\upsilon = \frac{j}{en_0} = \frac{jA}{edN_A}$ bo'ladi.

Ko'pincha metallar uchun zichlik atom og'irligining zichlikka nisbati $\frac{A}{d} = 10$ dan oshmaydi. Bir molhdagi ionlar (elektronlar) zaryadining miqdori $q = N_A e = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ моль^{-1} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ Кл = 9{,}63 \cdot 10^4\ Кл/моль \approx 10^5\ Кл/моль$. Agar metall simdan o'tayotgan tokning zichligi 10^7 A/m^2 bo'lsa, elek-tronning tartibsiz harakat tezligi 10^{-3} m/s ga teng bo'ladi. Demak, bunday tezlik bilan harakatlanayotgan elek-tron qanday qilib zanjir ulanishi bilan ancha uzoqqa tez etib boradi? Bu vaqtda elektron emas, balki u hosil qilayotgan elektr maydonning tarqalish tezligini o'tkazgich uzunligi bo'yicha tashkil etuvchisi katta tezlik bilan, ya'ni elektromagnit to'lqinining tezligi 10^8 m/s bilan tarqaladi.

Klassik elektron nazariyadan foydalanib Joulh — Lens qonunini ham keltirib chiqaraylik. Buning uchun elektronning tugundagi zarraga urilish oldidagi maksimal kinetik energiyasidagi tezlik o'rniga (3.6) ni qo'ysak, quyidagi hosil bo'ladi:

$$K = \frac{m}{2}\upsilon_м^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{e^2\lambda^2}{m} E = \frac{e^2 \langle \lambda \rangle^2}{2m\upsilon_м^2} E \qquad (3.9)$$

U vaqtda o'tkazgichning birlik hajmidagi elektronlar $\frac{1}{\tau}$ vaqtda bir marta uriladi va buning natijasida shuncha marta ko'p issiqlik ajraladi. Vaqt birligi (1s) da ajralgan issiqlik miqdori:

$$Q_1 = \frac{ne\tau^2}{2m} E \qquad (3.10)$$

(3.8) ni hisobga olsak, (3.10) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$Q_1 = \sigma E^2 = \frac{E^2}{\rho} \qquad (3.10a)$$

Bu ifoda Joulh — Lens qonunining differensial ko'rinishini ifodalaydi. Demak, ajralayotgan issiqlik mщdori elektr maydon kuchlanganligining kvadratiga to'g'ri proporsional ekan.

Bu ifodani sizga tanish bo'lgan integral ko'rinishida ifodalash uchun uni o'tkazgich uzunligi l ga, ko'ndalang kesimi S ga va tok o'tish vaqtiga ko'paytiramiz:

$$Q = Q_1\, lSt = \frac{E^2}{\rho} lSt = \frac{(El)^2}{\rho \frac{l}{S}} t = \frac{U^2}{R} t = IUt$$

kelib chiqadi.

Klassik nazariyaning qiyinchiligi va kamchiligi

Gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasida issiqlik sig'imini Hisoblashda bir atomli gazning har bir molekulasi $\frac{3}{2}kT = \frac{m\upsilon^2}{2}$ energiyaga ega bo'lgani kabi, har bir elektron ham $\frac{3}{2}kT$ energiyaga ega bo'lib, bir molhdagi elektronlar issiqlik sig'imi $C = \frac{3}{2}R = 1{,}25\frac{Ж}{К \cdot моль}$ bo'lishi kerak, kristall panjaradagi atomlarning issiqlik sig'imi $25\frac{Ж}{моль \cdot К}$ bo'lib, metallni tashkil etgan butun atomlarning issiqlik sig'imi klassik elektron nazariyaga asosan $37{,}5\frac{Ж}{моль \cdot К}$ ga teng bo'lishi kerak. Haqiqatda bu issiqlik sig'imining $25\frac{Ж}{моль \cdot К}$ ga teng ekanligini tajriba ham tasdiqlaydi. Demak, metallardagi elektronlar metallarning issiqlik sig'imiga hech qancha hissa qo'shmaydi. Metallar xuddi kristall dielektriklar kabi Dyulong—Pti qonuniga bo'ysunadi.

Klassik elektron nazariya asosida metallarni elektron gazlardan iborat deb qarab, bir atomli ideal gazlar kabi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti konsentrasiyaga bog'liq deb qaraymiz. U vaqtda metallarning solishtirma elektr o'tkazuvchanlik koeffisienti ham konsentrasiyaga bog'liqligini (3.8) orqali ifodalangan.

Videman — Frans elektron gazdagi elektronlar bir xil tezlikka ega deb karagan, metallardagi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti (χ) ning solishtirma elektr o'tkazuvchanlikka nisbati

$$\frac{\chi}{\sigma} = \frac{3k^2}{e^2} T = AT \qquad (3.11)$$

ekanini aniqladi, uni tajriba ham tasdiqlagan. Ammo gaz molekulalari molekulyar fizikada Maksvell tezliklar taqsimotida ko'rganimizdek, har xil tezlik bilan harakatlanadi. U vaqtda yuqoridagi formuladagi 3 koeffisient o'rnini 2 oladi. Bu tajribada tasdiqlanmaydi. Bu farqni tushuntirish uchun Zommerfelhd elektron gaz uchun klassik statistika o'rnida Fermi—Dirakning kvant statistikasi qo'lanilganda (3.11) formula hosil bo'lgan.

Bundan tashqari, klassik elektron nazariya asosida metallarning o'ta elektr o'tkazuvchanligi hodisasini ham tushuntirish kiyin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965,

365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

15-maruza. Metallarning elektr o'tkazuvchanligi bilan issiqlik o'tkazuvchanligi orasidagi bog'lanish Metallarda elektr o'tkazuvchanlikning klassik elektron

nazariyasi asosida Om,Joul-Lents va Videman-Frants qonunlarini tushuntirilishi. O'ta o'tkazuvchanlik.

Reja:

1. Metallarning elektr o'tkazuvchanligi bilan issiqlik o'tkazuvchanligi orasidagi bog'lanish.
2. Metallarda elektr o'tkazuvchanlikning klassik elektron nazariyasi asosida Om, Joul-Lents va Videman-Frants qonunlarini tushuntirilishi.
3. O'ta o'tkazuvchanlik.

Metallar elektr o'tkazuvchanligining klassik elektron nazariyasi

Har qanday metallning kristall panjara tugunlarini tashkil etgan atomlar, ionlar oralig'ida erkin harakatda bo'lgan elektronlar, gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasida aytilgandek, to'qnashishlar natijasida xaotik (tartibsiz) harakatda bo'ladi. Bu elektronlar har bir momentda turli yo'nalishda tugunlarga to'qnashib bir tomonga yo'nalgan elektron guruhi bo'lmagani uchun o'tkazgichdan elektr tok o'tishi ro'y bermaydi, ya'ni tok bo'lmaydi. Agar shu o'tkazgichlarning ikki uchini potensiallari φ_1 va φ_2 bo'lgan tok manbai qutblariga ulasak, metall ichida hosil bo'lgan elektr maydon hamma elektronlarga $\vec{F} = e\vec{E}$ kuch bilan bir yo'nalishda ta'sir etib, musbat qutb tomon tezlanuvchan ha-rakatga keltiradi, o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzi orqali vaqt birligi ichida o'tgan zaryad miqdori $I = \frac{q}{t}$ tok kuchi o'tishiga olib keladi.

Drude — Lorenslarning klassik nazariyalari bo'yicha tartibsiz υ tezlik bilan harakatda bo'lgan elektronlar har bir atomli gaz molekulalari kabi issiqlik harakat energiyasi $\frac{m\upsilon^2}{2}$ ga ega bo'lib, kinetik nazariyaga asosan:

$$\overline{\frac{m\upsilon^2}{2}} = \frac{3}{2}kT$$

Bu tenglamalarda $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ кг$, $T = 273\ K$, $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ \frac{Ж}{K}$ qiymatlardan foydalanib, zaryadning issiqlik harakatdagi tezligini hisoblay olamiz:

$$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = 10^5\ м/с$$

Elektronning erkin yugurish o'rtacha yo'li uzunligi $\langle\lambda\rangle$ bo'lsa, erkin yugurish o'rtacha vaqti $\langle\tau\rangle = \frac{\langle\lambda\rangle}{\upsilon}$ bo'ladi.

Ammo elektron uchun $\langle\lambda\rangle$ ning qiymati noma'lum, uni panjara doimiysi d dan bir necha 10 marta katta deb olish mumkin.

Elektronning panjara ionlari bilan ikki ketma-ket to'qnashishi uchun o'tgan vaqt ichidagi tezlik o'zgarishi Nyuton qonuniga ko'ra $\vec{F}\langle\tau\rangle = m\Delta\vec{\upsilon}$ va $\vec{F}_э = e\vec{E}$ bo'lgani uchun:

$$\Delta\vec{\upsilon} = \frac{F}{m}\langle\tau\rangle = \frac{e}{m}\langle\tau\rangle\vec{E}$$

Elektron dreyfining tezligi zanjir ulanish momentda nolh, to'qnashish momentda maksimal bo'lib, u

$$\upsilon_{м} = \frac{e}{m}\langle\tau\rangle E \qquad (3.6)$$

ga teng. Tezliklarining o'rta qiymatini aniqlasak,

$$\langle\upsilon\rangle = \frac{\upsilon_0 + \upsilon_{м}}{2} = \frac{e}{2m}\langle\tau\rangle E$$

bo'ladi. Hisoblashlarga asosan, u quyidagiga teng:

$$\langle\upsilon\rangle = 0{,}001\, {}^{м}\!/_{c}\,.$$

Agar tok zichligi formulasi $j = n_0 e\langle\upsilon\rangle$ ga $\langle\upsilon\rangle$ ning ifodasini qo'ysak, Om qonuni kelib chiqadi:

$$j = \frac{n_0 e^2\langle\tau\rangle}{2m}E \qquad \text{yoki} \qquad j = \sigma E\,. \qquad (3.7)$$

Bu ifodadan ko'rinadiki, tok zichligi elektr maydon kuchlanganligiga to'g'ri proporsional. Bu Om qonunining differensial ifodasidir.

Bundagi klassik elektron nazariya asosida chiqqan solishtirma elektr o'tkazuvchanlik

$$\sigma = \frac{n_0 e^2\langle\tau\rangle}{2m} = \frac{n_0 e^2\langle\lambda\rangle}{2m\langle\upsilon\rangle}$$

(3.8)

metallarning hajm birligidagi erkin elektronlar soniga va o'rtacha erkin yugurish yo'l uzunligiga to'g'ri proporsional. Amalda ko'pincha solishtirma elektr o'tkazuvchanlik σ o'rnida uning teskari qiymati $\frac{1}{\sigma}$ ni solishtirma qarshilik ρ yoziladi. (3.8) formuladan ko'rinadiki, agar elektron panjaradagi ionlar bilan to'qnashmasa, erkin yugurish yo'li cheksizlikka intiladi, demak, solishtirma elektr o'tkazuvchanlik ham cheksizlikka intilgan bo'lar edi. n_0 ning Avogadro soni $N_A$ga nisbati $\frac{n_0}{N_A}$ metall zichligi d ning atom massasi soni A ga nisbatiga teng: $\frac{n_0}{N_A} = \frac{d}{A}$ natijada $j = n_0 e\upsilon$ dan $\upsilon = \frac{j}{en_0} = \frac{jA}{edN_A}$ bo'ladi.

Ko'pincha metallar uchun zichlik atom og'irligining zichlikka nisbati $\frac{A}{d} = 10$ dan oshmaydi. Bir molhdagi ionlar (elektronlar) zaryadining miqdori $q = N_A e = 6{,}02\cdot 10^{23}\ моль^{-1}\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\ Кл = 9{,}63\cdot 10^{4}\ {}^{Кл}\!/_{моль} \approx 10^{5}\ {}^{Кл}\!/_{моль}$. Agar metall simdan o'tayotgan tokning zichligi 10^7 A/m^2 bo'lsa, elek-tronning tartibsiz harakat tezligi 10^{-3} m/s ga teng bo'ladi. Demak, bunday tezlik bilan harakatlanayotgan elek-tron qanday qilib zanjir ulanishi bilan ancha uzoqqa tez etib boradi? Bu vaqtda elektron emas, balki u hosil qilayotgan elektr maydonning tarqalish tezligini o'tkazgich uzunligi bo'yicha tashkil etuvchisi katta tezlik bilan, ya'ni elektromagnit

to'lqinining tezligi 10^8 m/s bilan tarqaladi.

Klassik elektron nazariyadan foydalanib Joulh — Lens qonunini ham keltirib chiqaraylik. Buning uchun elektronning tugundagi zarraga urilish oldidagi maksimal kinetik energiyasidagi tezlik o'rniga (3.6) ni qo'ysak, quyidagi hosil bo'ladi:

$$K = \frac{m}{2}\upsilon_м^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{e^2\lambda^2}{m}E = \frac{e^2\langle\lambda\rangle^2}{2m\upsilon_м^2}E \qquad (3.9)$$

U vaqtda o'tkazgichning birlik hajmidagi elektronlar $\frac{1}{\tau}$ vaqtda bir marta uriladi va buning natijasida shuncha marta ko'p issiqlik ajraladi. Vaqt birligi (1s) da ajralgan issiqlik miqdori:

$$Q_1 = \frac{ne\tau^2}{2m}E \qquad (3.10)$$

(3.8) ni hisobga olsak, (3.10) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$Q_1 = \sigma E^2 = \frac{E^2}{\rho} \qquad (3.10a)$$

Bu ifoda Joulh — Lens qonunining differensial ko'rinishini ifodalaydi. Demak, ajralayotgan issiqlik mшdori elektr maydon kuchlanganligining kvadratiga to'g'ri proporsional ekan.

Bu ifodani sizga tanish bo'lgan integral ko'rinishida ifodalash uchun uni o'tkazgich uzunligi l ga, ko'ndalang kesimi S ga va tok o'tish vaqtiga ko'paytiramiz:

$$Q = Q_1\, lSt = \frac{E^2}{\rho}lSt = \frac{(El)^2}{\rho\frac{l}{S}}t = \frac{U^2}{R}t = IUt$$

kelib chiqadi.

O'ta o'tkazuvchanlik haqida tushuncha

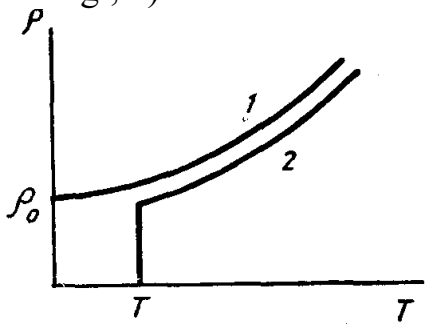
2-bob 25-§ da o'tkazgich qarshiligining haroratga bog'liq ekanligini qarab o'tganimizda

$$R = R_0(1+\alpha t°)$$

yoki solishtirma qarshilik

$$\rho = \rho_0(1+\alpha t°)$$

ekanini ko'rgan edik. Demak, qarshilik yoki solishtirma qarshilik harorat bilan chiziqli bog'liq edi (64, a-rasmdagi, 1).



64, a-расм

Fan va texnikaning rivojlanishi metall o'tkazgichlar harorati ma'lum haroratdan

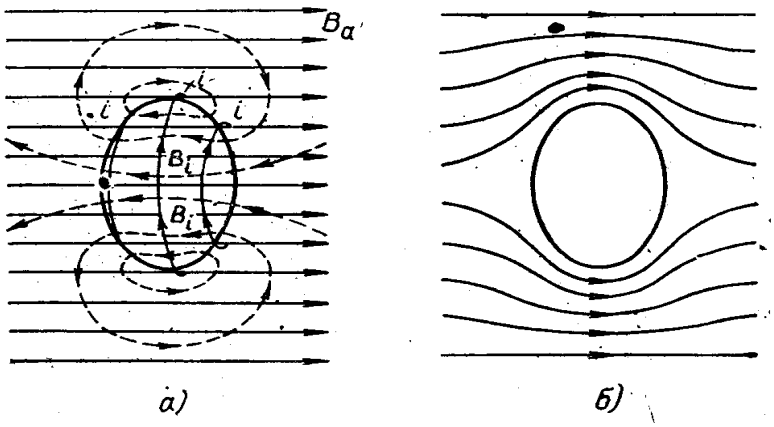
past bo'lganda qarshiligi sakrab nolga teng bo'ladi (64, a-rasmdagi, 2). Kamerling—Onnes bu hodisani aniqlab, uni o'ta o'tkazuvchanlik deb atagan. Tekshirishlar natijasida aniqlanishicha, sof metallarning o'ta o'tkazuvchanlikka o'tish harorati 0,14 K bilan 9,22 K oralig'ida, qotishmalarda esa bu harorat 18 K gacha etadi. Ba'zi moddalarning o'ta o'tkazuvchanlikka o'tish harorati 4-jadvalda keltirilgan.

4- jadval

Modda	T, K	Modda	T, K
Titan	0,4	Simob	4,1
Kadmiy	0,5	Vanadiy	5,3
Rux	0,38	Qo'pg'oshin	7,2
Alyuminiy	1,2	Niobiy	9,3
Kalay	7,3	Nb_3Sn	18

Bunday xususiyatga ega bo'lgan moddalarga o'ta o'tkazuvchan o'tkazgichlar deyiladi. Bu holatda o'tkazgichning qarshiligi nolga teng bo'lib, unda Joulh — Lens issiqligi ajralmaydi. SHuning uchun o'ta o'tkazuvchan moddalarda bir bor hosil qilingan tok manbaisiz uzoq, vaqt hosil bo'lib turadi. Ikkinchidan, modda ichida o'ta o'tkazuvchanlik holatida magnit induksiyasi nolga teng. o'ta o'tkazuvchanlik holatiga o'tishda uning issiqlik sig'imida sakrash ro'y beradi. Bu esa ikkinchi tur fazaviy o'tishni ifodalaydi. Agar o'ta o'tkazuvchanlikka o'tishda yoki aks holatida magnit maydoni o'zgarsa, bu holatda moddada issiqlik ajratish yoki yutish hodisasi ro'y beradi. Bunga ikkinchi tur fazaviy o'tish deyiladi. Bulardan ko'rinadiki, o'tkazgichda ikkala turdagi fazaviy o'tish holatini kuzatishimiz mumkin bo'lar ekan. Ulardan tashqari moddalarning issiqlik o'tkazuvchanligi ham o'zgaradi.

O'ta o'tkazgichdan qilingan biror jismni biz avval sovitib, o'ta o'tkazuvchan holatga keltirdik, so'ngra induksiyasi (jism kiritilmaganda)



64, -расм

$\overrightarrow{B_a} = \mu_0 \overrightarrow{H_a}$ ga teng bo'lgan tashqi magnit maydonga kiritdik deylik. Magnit maydon ulanganda o'ta o'tkazgichda qo'shimcha $\overrightarrow{B_l} = \mu_0 \overrightarrow{H_l}$ induksiya hosil qiluvchi induksion toklar paydo bo'ladi (64, b-rasm), bu qo'shimcha induksiya Lens qonuniga muvofiq $\overrightarrow{B_a}$ tashqi induksiyani kompensasiyalaydi. Odatdagi o'tkazgichda induksion toklar darhol so'nadi va faqat magnitlovchi g'altak yuzaga keltirgan

oqimgina qoladi. O'ta o'tkazgich bo'lgan holda esa kompensasiyalovchi toklar mutlaqo so'nmaydi va shuning uchun jism ichida natijaviy induksiya hamma vaqt $\vec{B} = \vec{B_a} + \vec{B_l}$ bo'ladi. Tashqi fazada natijaviy induksiya chiziqlari 64, b-rasmda ko'rsatilganidek bo'ladi. Ularni jism o'zidan itaradi va ular jismni aylanib o'tadi.

O'ta o'tkazgich o'ta o'tkazgich holatga o'tish temperaturasidan past temperaturaga qancha kuchli sovitilgan bo'lsa, o'ta o'tkazuvchanlik yo'qoladigan "kritik" magnit maydon shuncha katta bo'ladi. O'ta o'tkazuvchanlik holatiga o'tish temperaturasida kritik maydon nolga teng bo'ladi.

O'ta o'tkazuvchan jismda magnit induksiyasining nolga tengligini sirtqi qatlamda o'z magnit maydoni bilan tashqi magnit maydonini kompensasiyalaydigan toklarning yuzaga kelishi bilan ham tushuntirish mumkin. O'ta o'tkazuvchan jismning juda yupqa (10^{-5} *см* tartibidagi) sirtqi qatlamda $B = 0$. Tashqi kuchli magnit maydoni o'ta o'tkazuvchanlik holatini buzib yuboradi. Bunday buzilish o'ta o'tkazuvchan jismda oqayotgan elektronlar hosil qilgan tokning magnit maydoni hisobiga ham yuz berishi mumkin.

Bu sohada juda ko'p nazariy ishlar bajarilganiga qaramay, so'nggi vaqtlarga qadar o'ta o'tkazuvchanlikning to'la mukammal nazariyasini yaratish mumkin bo'lmay keldi. Faqat 1956 yilda amerika fizigi Kuper o'ta o'tkazuvchanlik holatiga o'tishda spin momentlari parallel joylashgan elektronlar juftlarining hosil bo'lishi asosiy rolh o'ynashini ko'rsatishga muvaffaq bo'ldi. SHundan keyingina asosan o'ta o'tkazuvchanlik holatini va u bilan birga yuz beradigan hodisalarni tushuntirish imkoniyati tug'ildi. O'ta o'tkazuvchanlik holatida modda ichidagi elektronlar go'yo o'ta oquvchan bo'lib qoladi. O'ta o'tkazuvchanlikning to'la nazariyasini yuqoridagi mulohazalarga asoslanib rus olimi N.N.Bogolyubov va uning hodimlari tomonidan rivojlantirildi.

Juda yaxshi o'tkazgich ($\sigma \approx 10^4 - 10^5\ Ом^{-1}см^{-1}$) bo'lgan materiallar bilan bir qatorda o'tkazuvchanligi g'oyat kichik bo'lgan ($\sigma \approx 10^{-10}\ Ом^{-1}см^{-1}$) bo'lgan jismlar masalan, selen, mis (I) oksidi (Cu_2O) ko'pchilik minerallar Mendeleev jadvalining to'rtinchi, beshinchi va oltinchi gruppasidagi metallmas elementlar, koslorod va oltingugurtli noorganik birikmalar, metallmaslarning ba'zi qotishmalari, ba'zi organik bo'yoqlar va boshqalar ham bo'ladi. Bu jismlarni yarim o'tkazgichlar deyiladi.

Ba'zi yarim o'tkazgichlarning metallarga tegib turgan joyida alohida hodisalar yuz beradi - tokni faqat bir yo'nalishdagina o'tkaza oladigan berkituvchi qatlam hosil bo'ladi. Masalan, mis (I)-oksid bo'lganda elektr tok metallmasdan mis (I)-oksidi tomonga o'tayotganida teskari yo'nalishda o'tayotganiga qaraganda minglarcha marta katta bo'ladi.

Agar o'ta o'tkazuvchi holatda o'zgaruvchan, ayniqsa, yuqori chastotali tok o'tsa, uning qarshiligi noldan katta bo'ladi. Keyingi vaqtda ba'zi yarim o'tkazgichlar ham o'ta o'tkazuvchanlik xossasiga ega ekanliklari aniqlangan.

Nazorat savollari

1. Metallarning elektr o'tkazuvchanligi bilan issiqlik o'tkazuvchanligi orasidagi bog'lanishi qanday?

2. Metallarda elektr o’tkazuvchanlikning klassik elektron nazariyasi asosida Om, Joul-Lents va Videman-Frants qonunlarini tushuntirib bering?
3. O’ta o’tkazuvchanlik hodisasini tushuntirib bering?
4. Metallarning elektr o’tkazuvchanligi deganda nimani tushunasiz?
5. Metallarning issiqlik o’tkazuvchanligi deganda nimani tushunasiz?
6. Metallarda elektr o’tkazuvchanlikning klassik elektron nazariyasi ayting?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O’quv yurtlarining fizika ixtisosi bo’yicha darslik. O’qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O’quv yurtlari uchun qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel’ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O’quv yurtlari uchun qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov “Fizika kursi”, “Fan va texnologiya”, nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev “Fizika kursi”, “O’zbekiston milliy kutubxonasi”, nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov “Elektromagnetizim”, “Iqtisod-moliya”, nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov “Fizika”, “Aloqachi” , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. “Elektr va magnetizim”, “Iqtisod-moliya”, nashriyoti, 2007.

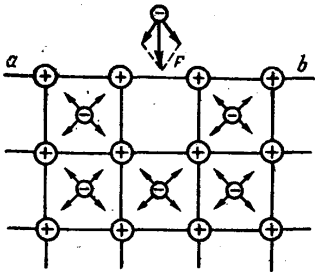
16-maruza. Metallardan elektronni chiqish ishi. Kontakt potentsiallar farqi. Termoelektrik hodisalar. Termoelektron emissiya.

Reja:

1. Metallardan elektronni chiqish ishi.
2. Kontakt potentsiallar farqi. Termoelektrik hodisalar.
3. Termoelektron emissiya.

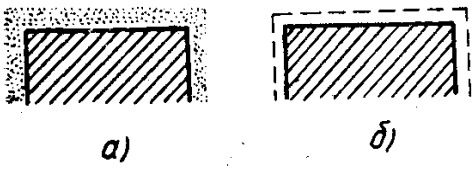
Elektronning chiqish ishi

Metall ichidagi erkin elektronlarning energiyasi katta bo'ladi, shuning uchun bu elektronlarning tezligi metall sirtiga tomon yo'nalganda, ular metalldan tashqariga chiqib ketishi mumkindek ko'rinadi. Birok odatdagi temperaturalarda metallar o'z-o'zidan elektronlarni chiqarmaydi. Erkin elektronlar metall ichida tutib turilar ekan, demak, metallning sirti yaqinida elektronlarga ta'sir qiluvchi va metall ichiga qarab yo'nalgan kuchlar mavjud bo'lishi kerak. Bu kuchlarning tabiati qanday ekanligini aniqlash uchun 96- rasmda tasvirlangan kristall panjarani tasavvur qilamiz.

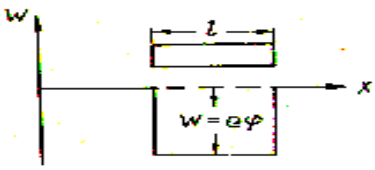


96-расм.

Metall ichidagi erkin elektronlarga musbat ionlar tomonidan ta'sir qiluvchi tortishish kuchlari o'rtacha o'zaro muvozanatlashadi. SHu sababli elektronlar metall ichida panjara tugunlari orasida erkin harakatlana oladi. Agar biror sabab bilan elektron metall chegarasidan tashqariga chiksa (a, b sirt orqali), u holda unga metall sirtidagi ionlarning muvozanatlashmagan tortishish kuchlari va elektronning ketishi tufayli hosil bo'lgan ortiqcha musbat zaryadning tortishish kuchi ta'sir qila boshlaydi. CHunki bu vaqtda metall sirtida xuddi yassi kondensator qatlamlari orasida mavjud bo'lgan maydon singari ikkilangan elektr qatlami (97-b rasm) hosil bo'ladi.



97- расм.



98-расм.

Vakuumga nisbatan metallning ichki qismidagi potensial musbat bo'lib, u ichki potensial deyiladi. Erkin elektronning metall ichidagi energiyasi

$$W = e\varphi \qquad (3.25)$$

bo'ladi. Agar φ>0 bo'lsa W<0 bo'lishi ko'rinib turibdi. Demak, elektronning potensial energiyasi metallga nisbatan manfiydir. SHunday qilib, metall ichidagi elektron «yassi tubli potensial o'ra» ichida (98- rasm) deb aytishimiz mumkin. Metall tomonga yo'nalgan natijaviy F kuch elektronni metallga qaytaradi. Metallnnng sirti metalldan to'xtovsiz otilib chiqayotgan va unga qaytib kelayotgan

elektronlardan iborat juda zich elektron buluti (97- a, rasm) bilan qurshalib qoladi. SHunday qilib, elektron metallni tashlab, atrof-muhitga ketishi uchun uni metallga tortadigan kuchlarni engish ustnda ma'lum ish bajarishi kerak. Bu ish elektronning metalldan chiqish ishi deb ataladi va u quyidagi formula bilan hisoblanadi A=eφ. Turli metallar uchun chiqish ishi quyidagi 7- jadvalda keltirilgan.

Metalldan elektron chiqishi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

7- j a d v a l

Metallar	Chiqish ishi, eV	Metallar	Chiqish ishi, eV
1	2	3	4
Volhfram Toriy Platina Temir	4,5 3,41 5,29 4,36	Pyx Natriy Bariy Seziy	3,74 2,27 1,89

$$\frac{m\upsilon_n^2}{2} \geq e\varphi$$

m—elektronning massasi, υ_n—sirtga tushirilgan normal bo'yicha elektron tezligining proeksiyaci.

CHiqish ishi elektron-volhtlarda (eV) o'lchanadi. Bir elektron volht elektr maydonning potensiallar ayirmasi bir volht bo'lgan ikki nuqtasi orasida elektronni ko'chirishda bajariladigan ishga teng. Elektron zaryadi $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ Кл$ bo'lgani uchun

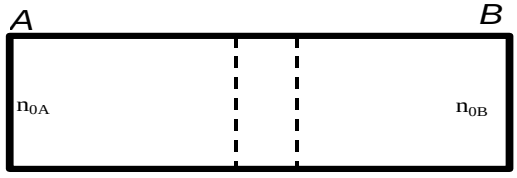
$$1\ эВ = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ Кл \cdot 1\ В = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ Ж$$

CHiqish ishini bajarish uchun kerak bo'lgan energiyani elektronlarga har xil usullar: metallni qizdirish — termoemissiya, unga yorug'lik bilan ta'sir qilish — fotoemissiya, metallni atomlar yoki musbat ionlar bilan bombardimon qilish — ikkilamchi emissiya va shu singari usullar bilan berish mumkin.

Kontakt potensiallar ayirmasi

Turli modda — o'tkazgich jismlar bir-biriga tegizilsa, ular orasida potensiallar ayirmasi hosil bo'ladi. Bu potensiallar ayirmasi «kontakt potensiallar ayirmasi» deyiladi.

Bu hodisani metallarning elektron nazariyasi asosida tushuntirish mumkin. Molekulyar fizikadan ma'lumki, har qanday metall ichki tuzilishi biror fazoviy panjara sistemasida bo'ladi. Bu panjarada deyarli har bir atom (ion) tugunda va elektronlar esa metallarning ichida (katakda) qiymat erkin holda bo'lib, har bir atomga taxminan bitta erkin elektron to'g'ri keladi. Metalldagi elektronlarning energetik sathlari bir-biriga yaqin joylashadi, lekin bu sathlar elektronlarga to'la bo'lmaydi. Faraz qilaylik, ikki xil A va V metall tutashgan joyda keskin chegara bo'lmasin. Lekin, har bir metallning hajm birligidagi elektronlarning soni n_{0A} dan n_{0B} ga uzluksiz o'zgaradigan o'tish qatlami bor bo'lsin. Bu qatlamdan shunday silindr ajratib olamizki, uning yasovchilari bir-biriga tegib turgan metallarning oraliq



99-расм

chegarasiga tik, asoslari esa shu chegaraga parallel bo'lsin (99-rasm). Silindrning uzunligi dx, asosi dS bo'lsin. Lorens nazariyasiga asosan metalldagi erkin elektronlar konsentrasiyasi ham gaz-kinetik nazariyasiga bo'ysunadi.
Faraz qilaylik, silindrning 1 asosidagi elektronlarning hajm birligidagi soni n+dn, 2 asosi joylashgan sohada n ga teng bo'lsin. U holda 2 asosga elektron gazning bosimi

$$p = \frac{2}{3} n \varpi$$

Bunda ϖ - T-temperaturadagi elektronlarning o'rtacha kvadratik kinetik energiyasi va u $\varpi = \frac{3}{2} kT$ ga teng. bu ifodani yuqoridagi formulaga quyib $p = \frac{2}{3} n = \frac{3}{2} kT$ ni hosil qilamiz.

Elektron gazning 1 asosga bergan bosimi

$$p + dp = (n + dn)kT$$

u holda silindr asoslariga berilayotgan bosimlar farqi $dp = kTdn$ ga teng.

Bosimlarning bunday farqi ta'sirida elektronlar bir asosdan ikkinchi asosga tomon ko'cha boshlaydi. Elektronlarning bu ko'chishi 2 va 1 asoslar asosida elektronlarning keyingi ko'chishiga to'sqinlik qiluvchi $d\varphi$ potensiallar ayirmasini vujudga kelishiga sabab bo'ladi. Elektr maydonning tormozlovchi kuchi dp bosimlar farqi tufayli vujudga kelgan kuchga teng bo'lib qolganda dinamik muvozanat yuz beradi.

Ko'rilayotgan silindrik hajmdagi elektronlar soni $ndxdS$, elektr maydonning silindr ichidagi barcha elektronlarga ta'sir kuchi $dF = eEn\,dx\,dS$ ga teng bo'ladi, bunda E-maydon kuchlanganligi, e-elektron zaryadi. Dinamik muvozanat ro'y berganda $dpdS = eEn\,dx\,dS$ yoki $kTdn = eEn\,dx$ ga teng bo'ladi. Ifodadan yuqoridagi ikkinchi tenglamaga quysak

$$kTdn = e\frac{d\varphi}{dx} n\,dx$$

$\Delta\varphi$ potensial farqini topish uchun so'nggi tenglikni $d\varphi = \frac{kT\,dn}{en}$ ko'rinishda yozib n_B dan n_A qiymat oralig'ida (n_A>n_B) integrallaymiz:

$$\varphi_{AB} = \varphi_B - \varphi_A = \frac{kT}{e} \ell n \frac{n_A}{n_B} \qquad (3.26)$$

Lekin φ_{AB} potensiallar farqi kichik, chunki ko'pchilik metallarning hajm birligidagi elektronlarning soni bir-birlaridan kam farq qiladi, shu sababli $\ell n \frac{n_A}{n_B} \cong 1$.

Masalan, $T = 300K$ da metallardagi ichki potensiallar farqi:

$$\varphi_{AB} = \frac{kT}{e} = \frac{1{,}38 \cdot 10^{-16} \cdot 300}{4{,}8 \cdot 10^{-10}} \cong 0{,}03\,B$$

A, V, S va D metallar ketma-ket ulanib berk zanjir tuzilganda, kontakt potensiallar ayirmasining yig'indisi zanjirda natijaviy EYUK hosil qilmaydi. 100-rasmdagi 4 ta metallar bir xil temperaturada bo'lib, berk zanjir hosil qilsin. Metallardagi elektronlar konsentrasiyasi mos ravishda n_A, n_B, n_D, va n_C bo'lsin deylik. Tashqi kontakt potensiallar farqi zanjir bo'ylab ichki kontakt potensiallar

farqining algebraik yig'indisi:

$$E=\varphi_{AB}+\varphi_{BC}+\varphi_{CD}+\varphi_{DA}=\frac{kT}{e}\ell n\frac{n_B}{n_A}+\frac{kT}{e}\ell n\frac{n_C}{n_B}+\frac{kT}{e}\ell n\frac{n_D}{n_C}+\frac{kT}{e}\ell n\frac{n_D}{n_A}=$$

$$=\frac{kT}{e}\ell n\, n_B-\frac{kT}{e}\ell n\, n_A+\frac{kT}{e}\ell n\, n_C-\frac{kT}{e}\ell n\, n_B+\frac{kT}{e}\ell n\, n_C-\frac{kT}{e}\ell n\, n_D+$$

$$+\frac{kT}{e}\ell n\, n_D-\frac{kT}{e}\ell n\, n_A=0$$

bo'ladi. Metall kontaktlarida temperatura har xil bo'lsa $E\neq 0$ bo'lmaydi. Masalani soddalashtirish uchun ikki metall kontaktdagi temperaturalar har xil bo'lsin. Masalan: AV kontaktda T_1, BA kontaktda T_2 avvalgidek elektron konsentrasiyalari n_A va n_B.

YOpiq zanjir bo'ylab ichki potensiallar farqlarining algebraik yig'indisini aniqlaylik:

$$E=\varphi_{AB}+\varphi_{BA}=\frac{kT_1}{e}\ell n\frac{n_B}{n_A}+\frac{kT_2}{e}\ell n\frac{n_A}{n_B}$$

$$E=\frac{kT_1}{e}\ell n\frac{n_B}{n_A}-\frac{kT_2}{e}\ell n\frac{n_B}{n_A}=\frac{k}{e}\ell n(T_1-T_2)$$

So'nggi ifodadan ko'rinadiki, kontaktdagi temperatura har xil bo'lganda berk zanjirda elektronlarning konsentrasiyasi va temperaturaga bog'liq bo'lgan EYUK hosil bo'ladi.

Metallar sirtining vakuum yoki havo bilan hosil bo'lgan chegarasida hosil bo'luvchi hodisa (100-a, rasm) tashqi kontakt potensiallar ayirmasi deyiladi va u quyidagicha ifodalanadi:

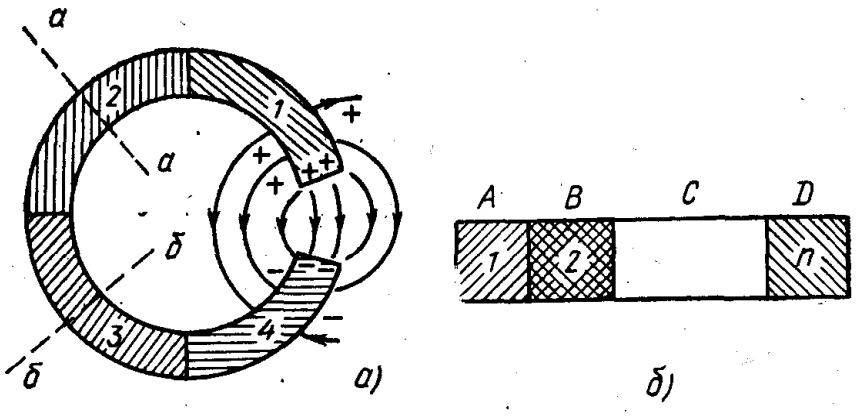
$$\Delta\varphi_2=\frac{W_A}{e}-\frac{W_B}{e}=\frac{W_A-W_B}{e} \qquad (3.27)$$

bunda W_A, W_B—chiqish ishlari. A va B o'tkazgichlarning ulanmagan uchlaridagi umumiy potensial ayirma:

$$\Delta\varphi=\Delta\varphi_1+\Delta\varphi_2=\frac{W_A-W_B}{e}+\frac{kT}{e}\ln\frac{n_A}{n_B}$$

bo'ladi. Bu kontakt potensial ayirmasi 1—1,5 volht qiymatgacha erishadi.

Volhta tajriba asosida bir qancha o'tkazgichlarni shunday qatorga o'rnatdiki, katordagi biror o'tkazgich o'zidan ilgarigi boshqa bir o'tkazgichga tegizilsa, manfiy va o'zidan keyingi o'tkazgichga tegizilsa, musbat elektrlanadi. Volhtaning qatori tubandagicha: Al, Zn, Sa, Cd, Pb, Sb, Bi, Hg, Fe, Cu, Ag, Au, Pt. Agar Zn bilan Si ni bir-biriga tegizsak,



100- расм.

tashqi zanjirdagi tok yo'nalishi ruxdan misga tomon yo'nalgan bo'ladi.

Volhta tekshirishlaridan ma'lum buldiki, bir xil temperaturada L, V, S, D va hokazo metallarning bir-biriga ketma-ket tegib turishida har ikkala metall orasida (100-b, rasm) hosil bo'ladigan kontakt potensial ayirmalari eng chetdagi metallarning bevosita bir-biriga tegib turishidan hosil bo'ladigan kontakt potensial ayirmasini beradi.

Ikki bir- biriga tegib turuvchi o'tkazgichlar orasidagi kontakt potensial ayirmasini $\frac{\Delta\varphi_1}{\Delta\varphi_2}, \frac{\Delta\varphi_2}{\Delta\varphi_3}, \frac{\Delta\varphi_3}{\Delta\varphi_4}$ orqali belgilasak, $\frac{\Delta\varphi_1}{\Delta\varphi_2}+\frac{\Delta\varphi_2}{\Delta\varphi_3}+\frac{\Delta\varphi_3}{\Delta\varphi_4}\neq 0$ bo'ladi. Bunga asosan eng chetdagi metallar bir xil bo'lsa,

$$\frac{\Delta\varphi_1}{\Delta\varphi_2}+\frac{\Delta\varphi_2}{\Delta\varphi_3}+\frac{\Delta\varphi_3}{\Delta\varphi_4}=0$$

Ikki A, V metall sirtlarini bir-biriga tegizganimizda (99- rasm) shu hamon metall sirtlari bir xil φ_0 potensialga ega bo'ladi. Lekin har qaysi metallning ichki qismidagi potensial sirt potensiali φ_0 dan potensial sakrash φ_a va φ_b cha yuqori bo'ladi. SHunday qilib, metalldagi ichki potensiallar $\varphi_0+\varphi_a$ va $\varphi_a+\varphi_b$ bo'ladi. φ_a va φ_b ikki bir-biriga tegizilgan A va V metallarning o'zlariga xos sirt potensial sakrashlaridir. A va V metallardagi elektron gaz zichligi, ya'ni 1 m^3 dagi elektronlar soni n_a va n_b bo'lsin. Agar $n_a > n_b$ bo'lsa, $\varphi_a > \varphi_b$ bo'ladi. Bu holda V dan A ga qarab ozod elektronlar diffuziyasi boshlanib, V metallning potensiali ko'paya boradi, A metallning potensiali esa pasaya boradi.

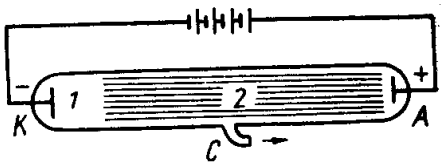
Bu jarayon ikki metallning ichki potensiallari o'zaro tenglashguncha davom etib, so'ng elektronlarning bir tomonlama diffuziyasi ham to'xtaydi. U holda bir-biriga tekkan metallar orasida ma'lum potensial ayirmasi xosiya bo'ladi. Bu potensial ayirma $\varphi_a-\varphi_b$ ga teng bo'ladi.

Agar zanjir metall va eritmalardan tuzilib, chetlaridagi moddalar (elementlar) bir xil bo'lsa, u vaqtda zanjir oxiridagi potensial ayirmasi nolga teng bo'lmasligi mumkin, demak, berk zanjirda tok paydo bo'ladi (galhvanik elementlar).

49- §. Vakuumda elektr toki. Termoelektron emissiya

Ikki elektrodli shisha nayda (101-rasm) mustaqil gaz razryadi bosim uncha past bo'lmagan sharoitdagina yuz berishi mumkin.

Gaz bosimi 0,0001 mm simob ustunidan pasaytirilsa nay elektrod-laridagi kuchlanish noldan farqli bo'lgan taqdirda ham razryad to'xtaydi, ya'ni tok nolga teng bo'lib qoladi. CHunki gaz siyraklashganda undagi atomlar va molekulalar juda kamayib, elektron zarbidan ionlashish va ionlarning katoddan elektronlarni urib chiqarishi hisobiga tok o'tib turishini ta'minlay olmaydi.



101- расм.

Bosim yanada kamayganda siyraklashgan gaz elektr o'tkazmaydi. Naydagi gazni so'rib olaverib, undagi gaz zarralarining konsentrasiyasini shu darajaga etkazish mumkinki, bunda molekulalar bir-biri bilan bir marta ham to'qnashmay, nayning bir devoridan ikkinchi devoriga eta oladi. Naydagi gazning bunday holati vakuum deb ataladi. Demak, vakuum eng yaxshi izolyator bo'lib hisoblanadi,

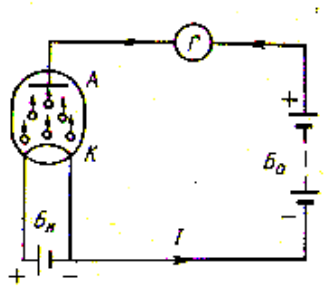
Ammo vakuumda elektr toki hosil qilish mumkin, buning uchun vakuumga zaryad tashuvchi zarralar manbai kiritilishi kerak bo'ladi.

Bunday manbaning ishi ko'pincha yuqori temperaturagacha qizdirilgan metallarning elektronlar chiqarish xossasiga asoslanadi.

Bizga ma'lumki, har qanday metall uning ichida erkin elektronlar bo'lishi bilan xarakterlanadi, bu erkin elektronlar o'ziga xos elektron gazi hosil qilib, issiqlik harakatida qatnashadi.

Elektronlar metalldan tashqariga chiqishi uchun chiqish ishini bajarishi kerak. Agar elektronlarga qo'shimcha energiya berilsa, ularda metallni tashlab chiqish imkoni tug'iladi. Elektronlarga turli usullar masalan, metallni yoritish, unga tashqi elektr maydon berish yoki metallni qizdirish usullari bilan energiya berish mumkin. Elektronlarning jismdan chiqish hodisasi elektronlar emissiyasi deb ataladi. Jism qizdirilganda elektronlarning undan chiqish hodisasi termoelektron, emissiya deb ataladi. Bu hodisa Edison tomonidan kashf etilgan.

Vakuumda tok hosil qilishda zaryad tashuvchi zarralarni yuzaga keltirishda termoelektron emissiyadan foydalaniladi.



102- расм.

Bu hodisani tajribada o'rganish uchun nay ichiga katod sifatida ingichka sim kavsharlab, uning uchlarini tashqariga chiqarib qo'yamiz. Uni alohida manba yordamida cho'g'lantiramiz (102-rasm). Sim cho'g'langan zamon anodga katodga nisbatan musbat potensial berilgan bo'lsa, zanjirga ulangan galhvanometr tok borligini ko'rsatadi. Sim qancha kuchli cho'g'lansa, galhvanometr tokning ham shuncha ko'p bo'lishini ko'rsatadi. Demak, cho'g'langai katod vakuumda elektr toki vujudga kelishi uchun zarur bo'lgan zaryad tashuvchi zarralarning bo'lishini ta'minlaydi, ya'ni cho'g'langan katod zaryad tashuvchi zarralar manbai bo'ladi. Bu zarralar, albatta, termoelektron emissiya tufayli katoddan uchib chiqqan erkin elektronlardir.

Katoddan chiqqan elektronlar anod bilan katod orasidagi elektr maydon ta'sirida anod tomon tartibli harakat qiladi va tok kuchi vujudga keladi. Haroratni ortishi bilan qizdirilayotgan metalldan potensial to'siqni engib vakuumga chiqayotgan elektronlar soni ham ortadi. Elektronlar zaryad tashuvchi zarralar bo'lgani uchun ularning elektr maydon ta'sirida katoddan anodga qarab oqishi natijasida elektr toki ortadi. SHu bilan birgalikda to'yinish tokining zichligi ham haroratga juda kuchli bog'liq holda ortadi. Bu ifodani matematik ravishda Richardson—Deshmen quyidagicha ifodalagan:

$$j_m = AT^2 e^{-\frac{e\varphi}{kT}} = AT^2 \exp(-\frac{e\varphi}{kT}) \qquad (3.28)$$

bunda A—barcha sof metallar uchun deyarli bir xil bo'lgan koeffisient, k—Bolhsman doimiysi; $e\varphi$— metall sirtidan vakuumga elektronning ajralib chiqishi uchun zarur bo'lgan ish, buni elektronning chiqish ishi deyiladi.

Termoelektron emissiya hodisasi elektron lampalar tayyorlashda, elektron emissiya hodisasiga asosan ishlaydigan asboblarni ishlab chiqariщda foydalaniladi.

Nazorat savollari.

1. Metallardan elektronni chiqish ishini tushuntirib bering?
2. Kontakt potentsiallar farqi deganda nimani tushunasiz?
3. Termoelektrik hodisalarni izohlang?
4. Termoelektron emissiya qanday jarayon
5. Elektronni chiqish ish deganda nimani tushunasiz?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

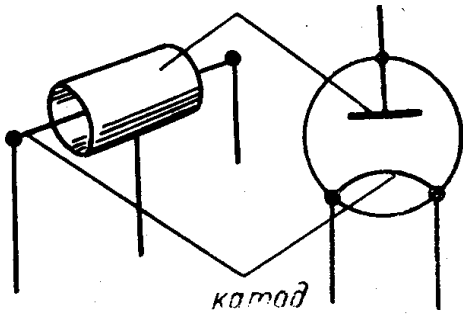
17-maruza. Vakuumda elektr toki, elektron lampa va uning qo'llanilishi. Volt-Amper xarakteristikasi. To'yinish tokining temperaturaga bog'liqligi.

Reja:

1. Vakuumda elektr toki, elektron lampa va uning qo'llanilishi.
2. Volt-Amper xarakteristikasi.
3. To'yinish tokining temperaturaga bog'liqligi.

Elektron lampalar. Diod va triod

Elektron lampa ichidan xavosi so'rib olingan va bir necha elektrodlar kavщarlangan shisha yoki metall ballondan iborat. Agar elektrodlar soni ikkita bo'lsa, bunday elektron lampa — diod, elektrodlar soni uchta bo'lsa — triod deb ataladi. Elektrodlarning soni uchtadan ortiq bo'lgan elektron lampalar ham ko'p ishlatiladi. Barcha elektron lampalar ishlashi termoelektron emissiya tufayli hosil bo'ladigan elektronlar oqimini boshqarishga asoslangan.



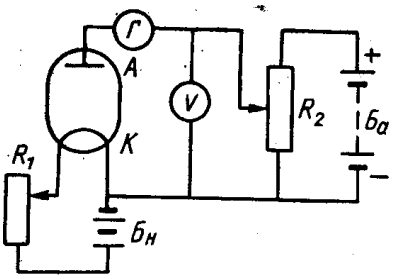
103- расм.

103- rasmda diodning tuzilishi ko'rsatilgan. Konstruksiyasi bo'yicha elektrodlar turli shaklda tayyorlangan bo'lishi mumkin. Oddiy holda ka- tod ingichka to'g'ri tola, anod esa katodga nisbatan koaksial silindr shaklida bo'ladi. 103- rasmda diod-ning konstruktiv va ishchi sxemasi ko'pcatilgan, bunda A— anod, K — katod.

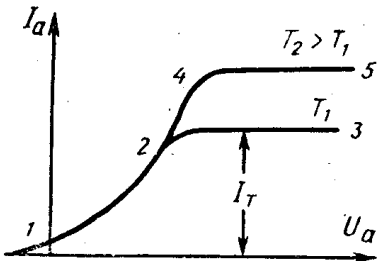
Diodning ishlash prinsipi bilan tanishish uchun sxemasi 104-rasmda keltirilgan zanjirni tuzamiz. Bu sxemada $Б_н$—katodni cho'g'lantirish uchun tok beruvchi batareya, u cho'g'lantirish batareyasi deyiladi; $Б_a$— anod bilan katod orasida kuchlanish hosil qiluvchi batareya, u anod batareyasi deyiladi, elektrodlar orasidagi kuchlanishni esa anod kuchlanishi (U_a) deb ataladi. Anod—(G) galhvanometr— anod batareyasi - katoddan iborat zanjirni anod zanjiri, shu zanjirdagi tokni esa anod toki (I_a) deb ataladi. Katod—cho'g'lantirishi batareyasidan iborat zanjirni cho'g'lanish zanjiri yoki katod zanjiri va undan oqayotgan tokni cho'g'lantirish toki ($I_ч$) deb ataladi.

Katod cho'g'lantirish batareyasi tomonidan hosil qilingan tok bilan qizdiriladi. Reostat R_1 yordamida churlantirish toki kuchini boshqarib, katodning cho'g'lanish temperaturasini o'zgartirish mumkin. Anod kuch-lanishining kattaligini R_2 reostat yordamida o'zgartirib, u volhtmetr yordamida, anod toki — galhvanometr yordamida o'lchanadi.

Agar katod cho'g'lanishini birday saqlagan holda anod tok kuchining anod kuchlanishiga



104-расм.



105-расм.

bog'liqligidan olingan tutash egri chiziq (105-rasm) diodning volht-amper xarakteristikasi deyiladi.

Anod kuchlanishi nolga teng bo'lganda termoelektron emissiya tufayli, katoddan uchib chiqayotgan elektronlar uning atrofida elektronlar bulutini hosil qiladi. Bunga qaramasdan, uncha ko'p bo'lmagan juda katta kinetik energiyaga ega bo'lgan elektronlar anodgacha uchib borishga muvaffaq bo'lib, anod zanjiridan kuchsiz tok oqa boщlaydi. Elektronlarning anodga tushishini to'la to'xtatish uchun, ya'ni I_a=0 bo'lishi uchun, anod bilan katod orasiga ma'lum kattalikdagi manfiy kuchlanish berish kerak bo'ladi. SHuning uchun diodning volht-amper xarakteristikasi noldan boshlanmay, balki koordinata boshidan bir oz chaproqdan boshlanadi.

Agar anod bilan katod orasida elektr maydoni hosil qilinsa, (U_1>0), u holda elektronlar bulutidagi elektronlar anodga qarab harakatlanadi. Kuchlanish ortishi bilan anodga tomon harakatlanuvchi elektronlar soni va unga moc ravishda anod toki ham ortadi. Kuchlanishning biror U_{am} qiymatida ayni shu (T_1) haroratda katoddan uchib chiqayotgan barcha elektronlar anodga etib boradi. Kuchlanishning keyingi ortishi anod tokini orttirmaydi, ya'ni tok to'yinish qiymatiga erishadi. Demak, to'yinish toki ayni shu temperaturada katod sirtidan birlik vaqt ichida uchib chiqqan elektronlar soni bilan aniqlanadi. Binobarin, to'yinish tokini oshirish uchun katodning cho'g'lanish temperaturasini ko'tarish kerak. 105-rasmda katodning ikki xil cho'g'lanish temperaturasida diodning volht-amper xarakteristikasi 123 va 1245 ko'rinishda berilgan. Bunda $T_2 > T_1$. Bunda to'yinish toklari ham turli qiymatga ega bo'ladi. Bu egriliklardan ko'rinadiki, volht-amper xarakteristika chiziqli emas, demak, lampada hosil bo'luvchi tok Om qonuniga bo'ysunmaydi. CHunki anod va katod orasida mavjud bo'luvchi elektronlar fazoviy zaryadlar bo'lib, har doim dioddagi potensial taqsimotini o'zgartirib turadi. SHuning uchun tok fazoviy zaryad bo'lmagan holatdagidan kichik bo'ladi.

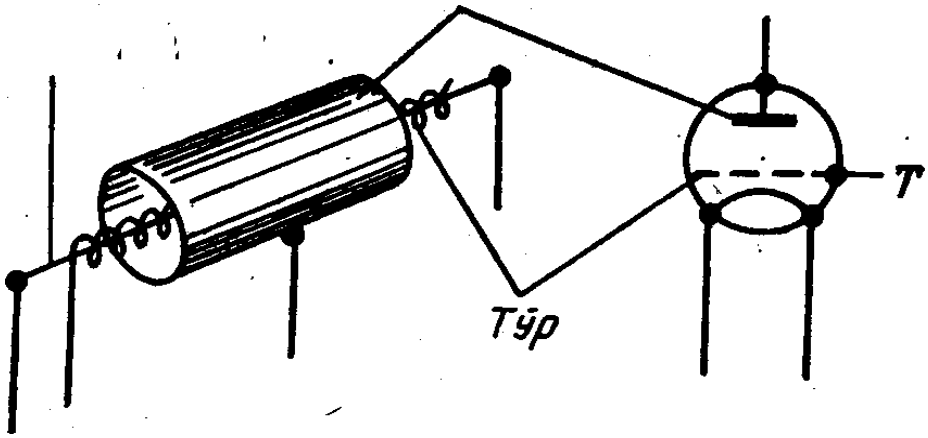
Diodda hosil bo'luvchi tok I anod kuchlanishi bilan quyidagicha bog'langan:

$$I = CU^{3/2} \qquad (3.29)$$

bunda S — elektrodlarning shakliga va o'lchamiga bog'liq bo'lgan koeffisient. Bu formula egrilikning 124 qismini ifodalab Boguslavskiy — Lengmyur qonuni yoki «3/2 qonuni» deb yuritiladi.

Elektron lampadagi elektr tokini boshqarish mumjin. Buning uchun lampa ichiga bir yoki bir necha qo'shimcha metall elektrodlar kiritish kerak. Ko'pincha bu elektrodlar sim spirallar ko'rinishida tayyorlanadi va katod bilan anod orasiga joylashtiriladi. Bu qo'shimcha elektrodlarni to'rlar deyiladi.

Qo'yilgan kuchlanishning qutbi o'zgartirilganda barcha elektronlar katodga qaytadi. Demak, diod bir tomonlama tok o'tkazish xususiyatiga ega bo'lib, undan o'zgaruvchan tokni to'g'rilashda foydalaniladi. Bunday maqsad uchun mo'ljallangan diod kenotron deb ataladi.



106-расм.

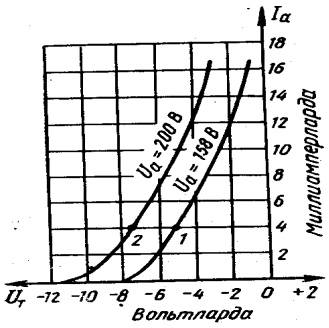
Elektron lampaning cho'g'langan katodi faqat elektronlar chiqaradi, shuning uchun lampaning katodi anod batareyasining manfiy qutbiga ulangandagina anod zanjirida tok mavjud bo'ladi. Uch elektrodli lampa yoki triod anod, katod va to'r kabi elektrodlarga ega, 106-rasmda triodning konstruktiv va ishchi sxemasi berilgan, bunda T — to'r (uchinchi elektrod). Trioddagi elektr toki faqat anod potensialiga emas, balki to'rning katodga nisbatan potensaliga ham bog'liq bo'ladi:

$$I_a = f(U_a, U_m)$$

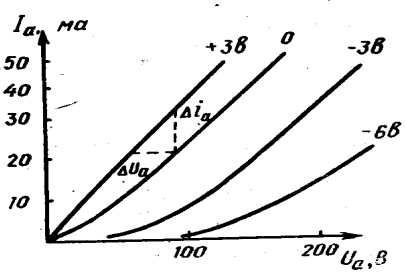
To'r bilan katod orasidagi kuchlanish to'r kuchlanishi (U_m) deb ataladi. Agar anodga musbat va uncha katta, bo'lmagan kuchlanish berilsa (bunda U>0) deb hisoblaymiz), u holda elektronlar katoddan tezroq tortib olina boshlaydi. Ulardan. ayrimlari to'rga ham tushadi va natijada uncha katta bo'lmagan to'r toki hosil bo'ladi. Birok elektronlarning asosiy qismi to'r orqali uchib o'tib anodga etib boradi. Demak, uch elektrodli lampada hosil bo'lgan tok to'rda va anodda hosil bo'luvchi toklarning yig'indisiga teng:

$$I = I_a + I_m$$

To'rning katodga yaqin joylashganligi tufayli tur va katod orasidagi kuchlanishning ozgina o'zgarishi ham anoddagi tok kuchiga katta ta'sir ko'rsatadi. CHunki u katoddan elektronlarning chiqishi va harakatlanishini tezlatadi.



107- расм.



108- расм.

To'r kuchlanishi (U_m) manfiy bo'lganda anod toki kamayadi va etarlicha katta manfiy kuchlanishda tok tamoman yo'qoladi—lampa berk hisoblanadi. Agar anod kuchlanishi o'zgarmas bo'lgan hol uchun anod tokining to'r kuchlanishiga bog'lanishidan olingan egri chiziqqa triodning to'r xarakteristikasi (107-rasm) deb ataladi. Grafikdan ko'rinadiki, to'r kuchlanishini o'zgartirib anod tokini kamaytirish yoki ko'paytirish mumkin ekan.

Lampaning to’r xarakteristikasidan ko’rinadiki, anod tokini quyidagi ikki holda ham 1) anod kuchlanishini o’zgartirmay to’r kuchlanishini o’zgartirib yoki 2) to’r kuchlanishini o’zgartirmasdan anod kuchlanishini o’zgartirib bir xil qiymatini olishimiz mumkin bo’lar ekan. Bundan anod potensialining ortishi bilan to’r xarakteristikasi potensial kamayishi tomonga siljib, to’r potensiali o’zgarishi bilan anod tokining o’zgarishi tezligini ifodalaydi. Bunga xarakteristikaning tikligi deyiladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$S = \lim_{\Delta U_m \to 0} \left(\frac{\Delta I_a}{\Delta U_m} \right)_{U_a} = \left(\frac{\partial I_a}{\partial U_m} \right)_{U_a} \qquad (3.30)$$

Lampaning to’r potensialini doimiy saqlab anod kuchlanishinv o’zgartirib anod toki bilan bog’lanishini olsak, uch elektrodli lampaning volht-amper xarakteristikasi (108-rasm) hosil bo’ladi. Bu holda ham to’r potensiali ortsa, anod xarakteristikasi anod kuchlanishining kamayish tomoniga qarab siljiydi.

Bu ikkala xarakteristikani ham umumiy holda qarasak, Om qonuniga bo’ysunmaydi. Ammo shunday kichik qismini topish mumkinki, u to’g’ri chiziqdan iborat bo’lib, shu qism uchun Om qonunini tatbiq qilish mum-kin, bu qism berilgan kuchlanish (yoki tok kuchi) uchun qarshilik mavjudligini ifodalaydi. Bu qarshilikka lampaning ichki qarshiligi deyiladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$R_u = \lim_{\Delta I_a \to 0} \left(\frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \right)_{Um} = \left(\frac{\partial U_a}{\partial I_a} \right)_{Um} \qquad (3.31)$$

Ichki qarshilik to’r kuchlanishi o’zgarmaganda anod toki o’zgarishi bilan anod kuchlanishining o’zgarish tezligini ifodalaydi.

Nixoyat, lampani xarakterlovchi fizik kattaliklardan biri to’r xarakteristikasidan aniqlanuvchi lampaning kuchaytirish koeffisientidir. Buning uchun shunday ikkita to’r xarakteristikasini (ikki xil anod kuchlanishida) olamizki, anod toklari bir xil qiymatga ega bo’lsin. Anod toklarining qiymatini o’zgartirmagan holatda to’r kuchlanishi bir volhtga o’zgarishi uchun anod kuchlanishini qanchaga o’zgartirish kerakligini ko’rsatuvchi kattalikka lampaning kuchaytirish koeffisienti deyiladi:

$$\mu = \lim_{\Delta U_m \to 0} \left(-\frac{\Delta U_a}{\Delta U_m} \right)_{I_a} = -\left(\frac{\partial U_a}{\partial U_m} \right)_{I_a} \qquad (3.32)$$

Xarakteristikaning ishchi (to’g’ri chiziqli) qismining tikligi qancha katta bo’lsa, to’r kuchlanishi ortganda anod toki ham shuncha keskin ortadi. SHuning uchun trioddan zaif tok va kuchlanishlar tebranishlarini kuchaytirgich sifatida foydalanish imkoniyati tug’iladi. Bundan tashqari trioddan o’zgaruvchan tok va kuchlanishlarni generasiyalash (uyg’otish) hamda o’zgartirish (shaklini o’zgartirish) uchun foydalanish mumkin.

Nazorat savollari

1. Vakuumda elektr toki, elektron lampa va uning qo’llanilishini tushuntirib bering?
2. Volt-Amper xarakteristikasi nimani izohlaydi?
3. To’yinish tokining temperaturaga bog’liqligi qanday?

4. Elektron lampaning ishlash mehanizmini tushuntiring?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

18-maruza. Gazlarda elektr toki. Plazma haqida tushuncha. Suyuqliklarda elektr toki. Faradey qonunlari.

Reja:

1. Gazlarda elektr toki.
2. Plazma haqida tushuncha.
3. Suyuqliklarda elektr toki.
4. Faradey qonunlari.

Gazlarda elektr toki

Gaz jumladan metall bug'lari ham normal holatda elektr neytral atom va molekulalardan iborat bo'lib, o'zlaridan elektr tokini o'tkazmaydi. Faqat ionlashgan gazlargina elektr o'tkazgich bo'la oladi. CHunki ularda neytral molekulalar va atomlardan tashqari elektronlar, musbat va manfiy ionlar ham bo'ladi. Ionlar, gazlarda yuqori temperatura, rentgen va ulhtrabinafsha nurlari, radioaktiv elementlar va kosmik nurlari ta'siri ostida, gaz atomlarning elektronlar va boshqa katta tezlikka ega bo'lgan elementlar va atom zarralari bilan to'qnashishlari natijasida hosil bo'lishi mumkin. Bu vaqtda atom yoki molekulalarning elektron qobig'idan bitta yoki bir nechta elektronlar ajralib chiqqan bo'ladi. Bunday jarayon ionlanish deyiladi. Bu ionlar va erkin elektronlar gazni elektr o'tkazuvchan qilib qo'yadi. XVIII asr oxiridan boshlab Kulon (1785), Boylh (1889) lar havo orqali elektr zaryadlarining kamayishini razryad hodisalarini tushuntira boshladilar. Sistematik bu hodisalarni o'rganish XIX asr oxirida ham hali nazariy asoslab berilmagan.

Ionlanish sharoit bo'lmay qolishi bilan tezda musbat va manfiy ionlar birlashib neytrallanadi. Bu hodisa ionlar rekombinasiyasi deb atalgan. Rekombinasiya natijasida gaz yana elektr o'tkazmay kolishi mumkin.

Ionlar rekombinasiyasi yana musbat ionlarning manfiy ionlar bilan uchrashishda ham ro'y beradi. Faraz etaylik, hajm birligidagi gaz molekulalaridan vaqt birligi ichida m juft (manfiy va muobat) ionlar hosil bo'lsin, rekombinasiya bo'ladigan molekulalar soni musbat ionlar soni n va manfiy ionlar soni n ga, ya'ni n^2 ga proporsional bo'ladi, shuning uchun hajm birligidagi ionlardan vaqt birligi ichida kamayayotgan ionlar soni αn^2 ga teng bo'lib (α — ionlarning rekombinasiya koeffisienti), vaqt birligi ichida qolgan ionlar soni

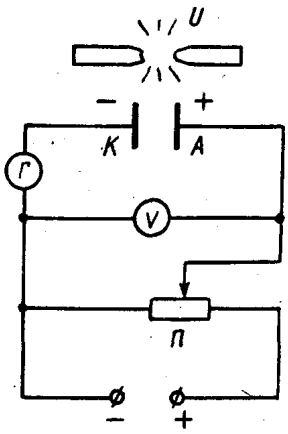
$$\frac{dn}{dt} = m - \alpha n^2$$

ga teng bo'ladi.

Stasionar holatda (ionlanuvchi va rekombinasiyalanuvchi molekulalar soni o'zaro tenglashsa), $\frac{dn}{dt} = 0$ va $m = \alpha n^2$ bo'ladi.

Ionlovchi manba uzilsa (olinsa), $m = 0$ bo'lib,

$$\frac{dn}{dt} = \alpha n^2$$



89-расм.

Bu ifodani $\frac{dn}{n^2} = -\alpha\, dt$ ko'rinishda yozib integrallasak, $\frac{1}{n} - \frac{1}{n_0} = \alpha\, t$ kelib chiqadi. n_0 — vaqt t_0=0 bo'lgan paytda musbat va manfiy juft ionlar konsentrasiyasi, n — vaqt t bo'lgandagi musbat va manfiy juft ionlar konsentrasiyasi.

Bu vaqtda o'tayotgan tok kuchi ionlanish darajasiga bog'liq bo'ladi, uning son qiymati ko'pincha juda kichik bo'ladi.

Gazlarda nomustaqil tok.

Ikkita yassi plastinka elektrodlarini ma'lum bir masofada parallel o'rnatib (89-rasm), ular orasidagi ionlashgan gazdan o'tadigan tok yo'nalishi musbat elektroddan manfiy elektrod tomonga yo'nalgan bo'lib, undagi tokning zichligi j elektrolitdagi kabi

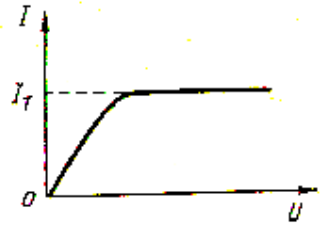
$$j = j_+ + j_- = n_+ q_+ \upsilon_+ + n_- q_- \upsilon_- + q_+ D_+ \frac{dn_+}{dt} + q_- D_- \frac{dn_-}{dt}$$

(3.19)

shaklda ifodalay olamiz. Bu tenglamaning o'ngidagi boshlang'ich ikki had elektr maydoni E ta'siridagi harakatga bog'liq bo'lib, keyingi ikki xadi ionlar diffuziyasiga bog'liq. Agar $q_+ = q_- = q$ va dinamik muvozanat holda $n_+ = n_- = n$ deb olsak, bundan tashqari butun hajm bo'yicha ionlar konsentrasiyasi bir xil bo'lsa, diffuziya toki nolga intilib, (3.19) ni elektrolitlardagi tok zichligi kabi quyidagicha yoza olamiz:

$$j = qn(b_+ + b_-)E \qquad (3.17)$$

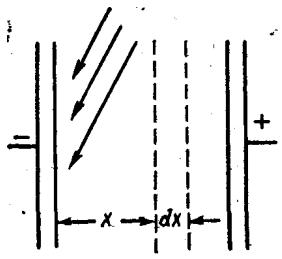
Bundagi b_+, va b_- moc ravishda musbat va manfiy ionlarning harakatchanligi. Gaz bo'lgan kamerada molekulalar tashqi ionlovchi ta'sirida ionlansa, o'tayotgan tok no-mustaqil razryad deyiladi.



90- расм.

Gazning stasionar holatdagi ionlanishida elektrodlar tok tarmog'iga galhvanometr va potensiometrli zanjir ishtirokida ulansa, ionlarning tartiblashgan harakati tufayli tok hosil bo'lishini indikator (G) vositasida kuzatamiz. Elektrodlarga beriluvchi kuchlanish potensiometr (P) orqali orttirila borilsa, dastlab unga moc tok kuchi dam orta borib kuchlanishning biror U_m qiymatidan boshlab kuchlanish ortsa ham indikator ko'rsatishi o'zgarmay qoladi, ya'ni tok kuchi kuchlanishga bog'liq bo'lmay qoladi (90-rasm).

Ionlanish stasionar bo'lganda vaqt birligi ichida hosil bo'luvchi juft ionlar soni doimiy saqlanib, indikator ko'rsatishi o'zgarmas qiymatga erishganda elektrodlarga borib uriluvchi ionlar soni, ionlashuvdan hosil bo'luvchi ionlar soniga teng bo'lib qoladi. Natijada tok kuchi doimiy bo'lib, kuchlanish orttirilishi bilan o'zgarmay qoladi. Bu vaqtdagi tok odatda to'yinish toki deb ataladi.



91-расм.

Gazlarda mustaqil tok (razryad) va uning turlari

Gaz molekulalari ionlovchi manba bo'lmaganda ham elektronlar bilan to'qnashish natijasida ionlanishi mumkin. Agar gaz egallagan

hajmda elektronlar mavjud bo'lib, elektrod orasida elektr maydon ham bo'lsa, bu maydon ta'sirida hamma erkin elektronlar musbat elektrod tomon tezlanuvchan harakatga keladi va yo'lda uchragan atom yoki molekulaga to'qnashadi, o'z energiyalarining bir qismini berib, ularni ionlaydi. Bu ionlangan molekuladan ajralgan elektron ham elektrod tomon harakatlanib, qarshisida uchragan molekulani ionlaydi, uning elektronini ajratib yuboradi, keyin bu elektron ham musbat elektrod tomon tezlanuvchan harakatga kelib, yo'lida to'qnashgan boshqa molekulalarning elektronini urib chiqaradi va hokazo. Borgan sayin har bir yangi elektron musbat elektrodga etguncha molekulalar bilan to'qnashib, ulardan elektronlarni ajrata boradi. Natijada tobora ko'paya borgan elektronlar elektr maydonda musbat elektrod tomon uchuvchi elektronlar galasini hosil qiladi. Elektronlarning bir tomonlama harakati tufayli tok o'tkazish ro'y beradi. Bu tok doimiy bo'lishi uchun elektrod to'dasi elektrodga borib neytrallangach yangidan elektronlar to'dasini hosil qilib turish kerak. Boshqacha aytganda, gazdagi molekulalarning ionlash jarayoni biror vosita bilan davom etib turishi kerak. Bu maqsadga erishishda manfiy elektroddan uchib chO'quvchi ikkilamchi elektron emissiya va ichki foto ionlashish hodisasidan foydalanamiz. Ammo bu aytilgan ionlanishning ham-masini hisobga olish kiyin. Biz bu erda Taunsend nazariyasi bilan chegaralanamiz. Bu nazariya bo'yicha hajmiy va sirtdan ionlanishning bir vaqtda bo'lish jarayoni mustakil razryadga olib keladi.

Faraz etaylik, elektronlar oqimiga perpendikulyar turgan katod plastinasining yuza birligidan vaqt birligi ichida anod tomon n dona elektron uchib tursin (91-rasm).

U vaqtda hosil bo'luvchi ionlar elektronlar konsentrasiyasining dx masofa oralig'idagi o'zgarish

$$dn = \alpha\, ndx \qquad (3.20)$$

ifodalanadi. Bu erda α — hajmiy ionlanish koeffisienti bo'lib, son jihatdan bitta elektronning katoddan anod tomon borishida bir birlik yo'liga to'g'ri kelgan gaz zarralari bilan to'qnashishida hosil qilgan erkin elektronlar va ionlar soniga teng. Bundan keyin hosil bo'luvchi ionlar sonini maydon o'zgarishi bilan deyarlik o'zgarmaydi deb qarasak, α koeffisientini ham x ga bog'liq bo'lmagan doimiy deb hisoblash mumkin. Bunda (3.20) tenglamani integrallab quyidagini olamiz:

$$\int_0^n \frac{dn}{n} = \alpha \int_0^x dx, \text{ bundan } n = Ce^{\alpha x}$$

bunda S—integral doimiysi. Katod yonida x = 0 bo'lganda $n = n_к = C$ va anod yonida x=d, d— katod va anod elektrodlar oralig'i bo'lib, anodga tushuvchi elektronlar soni

$$n_a = n_к e^{\alpha d} \qquad (3.21)$$

chiqadi. (3.21) dan vaqt birligi ichida anod yuzi birligiga tushgan elektronlar sonini topish mumkin. Katod va anod orasidagi hajm birligida vaqt birligi ichida yangidan hosil bo'lgan elektronlar soni

$$n_a - n_к = n_к e^{\alpha d} - n_к = n_к (e^{\alpha d} - 1)$$

Elektron to'dasida mavjud bo'lgan musbat ionlar soni ham shuncha bo'ladi. Musbat ionlar katodga urilib ikkilamchi elektronlar oqim zichligini hosil qilib, u birlamchi elektronlar soniga bog'liq bo'lganligidan, ular orasidagi bog'lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$\gamma\, n_к (e^{\alpha d} - 1)$$

Bunda γ — ikkilamchi elektron emissiyani xarakterlovchi koeffisient. Tashqi ionlovchi manba n_0 ionlarni hosil qilsa, umumiy konsentrasiya quyidagicha ifodalanadi:

$$n_к = n_0 + \gamma\, n_к\, (e^{\alpha d} - 1) \qquad (3.22)$$

Bu ifodadan katoddan chiqayotgan elektronlar konsentrasiyasini topsak

$$n_к = \frac{n_0}{1 - \gamma\, (e^{\alpha d} - 1)} \qquad (3.22a)$$

hosil bo'ladi. (3.21) va (3.22) lardan foydalanib anod oldidagi elektron oqimining konsentrasiyasini topamiz:

$$n_a = \frac{n_0 e^{\alpha d}}{1 - \gamma\, (e^{\alpha d} - 1)}$$

Anolda hosil bo'layotgan razryad tokini elektronlar tashiyotgan bo'lgani uchun (3.23) ni elektrod zaryadiga ko'paytirish orqali anod toki zichligini quyidagicha ifodalaymiz:

$$J = n_a e = n_0 e \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma\, (e^{\alpha d} - 1)} = j_0 \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma\, (e^{\alpha d} - 1)} \qquad (3.24)$$

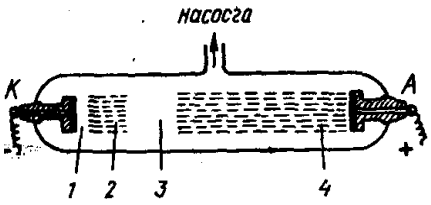
Barqarorlashgan rejimda gazda razryad bo'ladigan oraliqning hammasida tok zichligi (j) bir xil bo'ladi. Bu umumiy tok zichligi j elektron tok zichligi j_e bilan ionlar toki zichlik j_u larining yig'indisiga teng ekanligidan:

$$j = j_e + j_u$$

Mustakil razryad bo'lishida tashqi ionlovchi manba zarur emas, shuning uchun bu holda $n_0 = 0$ bo'lib, (3.22) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\gamma\, (e^{\alpha d} - 1) \qquad (3.22b)$$

α va γ maydon kuchlanganligining funksiyasi bo'ladi E ortsa, α va γ ham orta boradi).



92-расм.

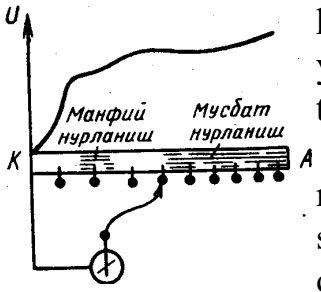
1. Miltillama razryad. Bunday miltillama razryad bosim 0,1 mm simob ustuniga yaqin bosimdagi gazlarda kuzatiladi (92-rasm), A va K. elektrodlari kavsharlangan shisha naycha ichida kuzatish oson. Agar naycha o'rtasidan chikarilgan uchi ochiq naycha (R)ni nasosga ulab, ichidagi xavo bosimini etarli darajada kamaytira borilsa, kuchlanish bir necha yuz volht bo'lganda naycha ichidagi elektrodlar o'rtasida o'ziga xos yoritilish ro'y beradi.

Katod yuziga yaqin tegib turgandek kuchsiz xavorang yorug'lik qatlami pardasi hosil bo'ladi. Uning oldida birinchi korong'i fazo (qatlam) (1) (Kruksning qorong'i

fazasi) bo'lib undan so'ng (2) binafsha rangli manfiy yorurlanish ko'rinadi. Bu yorug'lik fazo katod tomondan keskin chegaralanib asta-sekin anod tomonga qarab yo'qoladi. Bu manfiy yorug'lanishdan so'ng ikkinchi keng yoki Faradeyning korong'i fazasi (3) hosil bo'ladi. Naychaning qolgan qismi to anodgacha qizil musbat yorug'lanish (4) bilan to'lgan bo'ladi. Ko'pincha, bu yorug'lik fazoda ravshan ko'ringan qorong'i va yorug' qatlamlar ham ro'y beradi.

Miltillama razryadda razryadni saqlovchi asosiy jarayonlar birinchi qorong'i fazoda va manfiy yorug'lanish sohasida ham ko'pgina tekshirishlar naydagi elektrodlar orasidagi potensial taqsimoti bilan tushuntiriladi.

Gaz razryadda potensialning taqsimlanishini bilish uchun naycha bo'ylab uning devoriga ketma-ket kator ingichka simdan zondlar payvand qilamiz (93-rasm), so'ng ularni navbatma-navbat elektrostatik volhtmetr orqali katodga ulaymiz, shunda 93- rasmda tasvirlangan potensiallarning taqsimot egri chizig'i (grafik) chiqadi. Tajriba ko'rsatadiki, potensial ayirmasining ko'pchilik qismi qorong'i sohaga elektronlarning erkin yugurish yo'l uzunligiga to'g'ri keladi (katod, potensial tushishi).



93-расм.

Potensialning katoddan so'ng tushishining ancha oz qismi maydonning kuchlanganligi bo'ylab cho'zilib ketgan. Bu sohaning kuchlanishi katod kuchlanishi tushishidan juda oz qismini tashkil etadi. Tajriba ko'rsatadiki, potensialning katod kuchlanishi tushish joyida birinchi qorong'i fazo uzunligi elektronlarning erkin yugurishiga to'g'ri keladi va shuning uchun ham u gaz zichligining kamayishiga qarab o'sa boradi.

Xuddi shu kabi, elektr toki kichik bo'lganda katodda potensialning tushishi faqat katodning qanday materialdan yasalishiga va gazning qanday modda ekanligiga bog'liqligi tajribada aniqlangan.

Naychada gazning yorug'lanish sohalarida hosil bo'lgan musbat ionlar katod tomonga siljiy borib birinchi qorong'i. fazoda elektr maydonning kuchli ta'siri ostida ko'proq kinetik energiya oladi. Musbat ionlarning zarbalari (bombardimon qilishlari) natijasida katod sirtidan elektronlar otilib chiqadi (ikkilamchi emissiya). Ikkilamchi emissiya elektronlarning birinchi qorong'i fazodan yugurib anod tomon o'tishda olgan kinetik energiyasi manfiy yorug'lanish sohasidagi gazni ionlanishi uchun etarli darajada bo'ladi. Bu erda razryadni saqlash uchun musbat ionlar ham hosil bo'ladi.

Miltillama razryad sodir bo'lishida molekulalarning «uyg'ongan» holatdan normal holatga o'tishida, shuningdek rekombinasiyalanishida ko'pincha ko'zga ko'rinuvchi yorug'lik tarzida energiya chiqishi mumkin. SHuning uchun miltillama razryadda gaz yorug'lik chiqaradi. Bu nurlanishning rangi gaz tabiatiga bog'liq bo'ladi. Siyraklangan gazda ionlar konsentrasiyasi, shuningdek, neytral molekulalar soni kam bo'lgani uchun gazda ajraladigan energiya miqdori uncha katta bo'lmaydi, shuning uchun gazning nurlanishi sovuq xolicha qoladi.

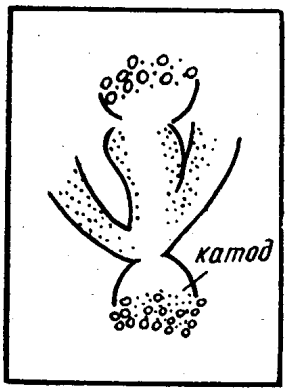
Hozirgi vaqtda miltillama razryad turli gaz-yorug'lik naylarida yorug'lik manbai sifatida keng qo'llaniladi. Kunduzgi yorug'lik lampalarida razryad simob

bug'larida bo'ladi. Simob bug'ining nurlanishi nayning ichki sirtiga qoplangan maxsus moddalar qatlami (lyuminoforlar) tomonidan yutiladi. YUtilgan yorug'lik ta'sirida lyuminoforlar yorug'lik socha boshlaydi. Moddani tanlash yo'li bilan nurlanayotgan yorug'lik tarkibini kunduzgi yorug'lik tarkibiga yaqin keltirish mumkin.

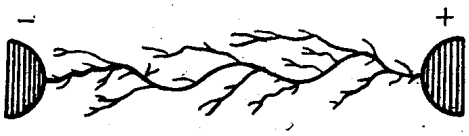
Gaz yorug'lik naylari, shuningdek reklama va dekorasiya maqsadlarida ham ishlatiladi.

2. Elektr yoyi. Razryad turlari ichida amaliy jihatdan juda muhim bo'lgani elektr yoyidir.

Elektr yoyi hosil qilish uchun ikkita ko'mir tayoqcha olib, ularning uchlari bir-biriga yaqin joylashtiriladi. Elektrodlarga 40—50 V kuchlanish berib, avval ularning uchlari bir-biriga tegiziladi, so'ngra bir oz uzoqlashtiriladi. Bunda ikkala tayoqchaning uchlari orasida birdaniga ko'zni qamashtirarli darajada ravshan yarqirash ro'y beradi. Elektrodlarni bir-biridan salgina ajratib, tokning elektrodlar uchlari orasida cho'g'langan havo orqali nur sochuvchi yoy tarzida o'tayotganini ko'rish mumkin. YOy hosil bo'lganda manfiy elektrod o'tkirlashadi, musbat elektrodning uchi esa chuqurlashadi (krater hosil bo'ladi). Musbat ko'mirning temperaturasi 3900°S gacha etadi, manfiy ko'mir tayoqchaning temperaturasi esa 2500°S ga etadi.



94- расм.



95- расм.

Bu razryadda asosiy rolni manfiy elektroddan keladigan elektronlar oqimi o'ynaydi. Manfiy elektrodning qattiq cho'g'langan uchi juda ko'p elektronlar chiqaradi, bu elektronlar gazni ionlashtirib, elektrodlar orasida tok hosil qiladi. Katodning temperaturasi etarli darajada yuqori bo'lib tursa, bu tok davom etadi. Agar katod sovitilsa, yoy o'chib qoladi.

Elektr yoyi faqat ko'mir elektrodlar orasidagina emas, balki metall elektrodlar orasida ham hosil bo'ladi.

Elektr yoyini 1802 yilda rus olimi V. V. Petrov kashf qilgan bo'lib, bu yoy hozirgi vaqtda Petrov yoyi (94- rasm) deb ataladi.

Petrov yoyi projektorlarda, kinoproeksion apparatlarda, mayoqlarda kuchli yorug'lik manbai sifatida qo'llaniladi. Yoy temperaturasining yuqori bo'lishi undan elektr metallurgiyasida elektr bilan payvand qilishda foydalanishga imkon beradi.

3. Uchqun razryad. Agar havoda o'rnatilgan ikki elektrodga etarli darajada kuchlanish berilsa, ular orasida elektr uchqun hosil bo'ladi. Bunday uchqun razryad katta tezlik bilan razryad oralig'iga o'tib so'nadi va yangidan-yangi hosil bo'ladi. YArqiragan yorug' ingichka uchqun kanali ikki elektrodni birlashtirib, murakkab shoxobchalarga tarmoqlanadi (95-rasm). Uchqundagi yorug'lanish ionlanishning

intensiv jarayoni, tovush chiqish effekti bilan borishi esa gazning qizishi ($10^5\ ^0C$ gacha) tufayli razryad o'tgan joylarda bosimning ortishi (yuzlab atm. gacha) natijasidir. Ba'zi uchqun razryadlarda bir jinsli elektr maydondagi kuchlanganlik muayyan qiymatida boshlanadi, gaz zichligi ρ qancha katta bo'lsa, bu kuchlanganlik E ham shuncha katta bo'ladi (Pashinning $\frac{E}{\rho} = const$ qonuni) va gazning ionlanishi shuncha kam bo'ladi. Normal sharoitdagi uchqun razryad havoda teshilish (proboy ($E=10^6$ V/m) bo'lishidan ro'y bera boshlaydi.

Maydonning elektrod yaqinidagi kuchlanganligi sirtning egriligiga bog'liq, shuning uchun ham shar yoki yassi elektrodlarga nisbatan qaraganda razryad ingichka o'tkir uchli elektrodlar orasida kam kuchlanishda ro'y bera boshlaydi. Elektrod shakliga bog'liq ba'zi kiymatlar 6- jadvalda berilgan.

6- j a d v a l

	Uchqunni o'tkir o'tkir uchlar orasida hosil bo'lish masofasi, m	Elektrodlar shar shaklida bo'lganda		YAssi elektrod bo'lganda, ular oralig'i, m
		diametri 0,05 m	Diametri 0,3 m	
1	2	3	4	5
20000	0,155	0,058	0,06	0,06
40000	0,455	0,13	0,13	0,177
100000	2,20	0,45	0,357	0,367
200000	4,10	2,62	0,753	0,753
300000	6,00	5,30	1,26	1,44

Bu qiymatlar yuqori volhtli uchqun voltmetrlarni yasashda hisobga olinadi.

Plazma to'g'risida tushuncha

Gaz razryadining turli shakllarida ba'zan kuchli ionlashgan gaz hosil bo'ladi, bu gazda elektronlar konsentrasiyasi musbat ionlar konsentrasiyasiga taxminan teng bo'ladi. Birday konsentrasiyada taqsimlangan elektronlar va musbat ionlardan iborat sistema elektron — ionli plazma yoki oddiy qilib plazma deb ataladi.

YOlqin razryadning musbat ustunida biz plazmani kuzatishimiz mumkin. Plazma shuningdek uchkun razryadning bosh kanalida ham hosil bo'ladi.

Plazmada elektronlar va ionlar konsentrasiyasi birday bo'lgani uchun unda metallardagi singari hajmiy zaryad nolga teng bo'ladi. Bundan tashqari gaz sezilarli ionlashganda plazmaning elektr o'tkazuvchanligi juda katta bo'ladi. SHuning uchun o'zining elektr o'tkazuvchanligiga ko'ra ion plazmasi metallarga yaqin bo'ladi.

Agar plazma elektr maydonda bo'lsa, u holda plazmada elektr tok hosil bo'ladi va issiqlik ajraladi. Bunda maydon energiyani dastlab harakatchanroq bo'lgan zarralar sifatida elektronlar oladi va so'ngra to'qnashuvlarda molekula yoki ionlarga

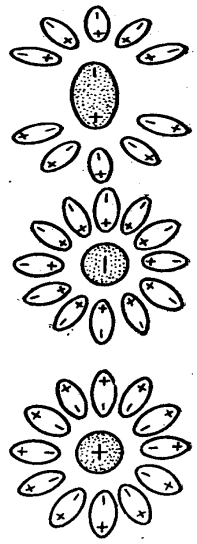
beradi. Biroq to'qnashuvlarda ishtirok etayotgan zarralarning massalarida katta farq bo'lgani uchun elektron ionga o'zining hamma energiyasini emas, balki energiyasining bir qismini beradi. Kichik bosimlarda to'qnashuvlar soni kam bo'ladi. CHunki elektronlarning o'rtacha kinetik energiyalari ionlarning o'rtacha kinetik energiyasidan katta bo'ladi. YOki boshqacha qilib aytganda plazmada elektron gazning harorati ion gazning haroratidan katta bo'ladi (noizotermik plazma). Bu haroratlarni bilvosita metodlar bilan o'lchash mumkin. Masalan, biqsima razryadning musbat ustunida bosim 0,1 mm simob ustuni tartibida bo'lganida elektronlarning harorati 10^5 K va undan ham yuqori bo'lishi mumkin, xolbuki ionlarning o'zi bo'lganda harorat bir necha yuz gradusdan ortmaydi.

Bosim ortganda. to'qnashuvlar soni ortib, elektron, ion gazlari orasida issiqlik almashinishi kuchayadi, ularning haroratlari farqi kamayadi. Etarlicha yuqori bosimlarda elektronlar va ionlarning haroratlari birday bo'ladi (izotermik plazma). Izotermik plazma hamma vaqt yuqori harorat yordamida bo'ladigan ionlanishlarda yuzaga keladi (masalan, uchkun kanalida).

Laboratoriya sharoitlarida plazma faqat gaz razryadlaridagina hosil bo'lib kolmaydi. balki elektron o'gkazuvchanlikka ega bo'lgan qattiq jismlar (metallar, yarim o'tkazgichlar) da harakatchan o'tkazuvchanlik elektronlar va umumiy hajmiy zaryadi nolga teng bo'lgan harakatsiz musbat ionlar ham elektron — ionli plazma hisoblanadi.

Birok plazma ko'proq kosmik jismlarda uchraydi. YUqori harorat va turli nurlanishlar ta'sirida kosmosdagi moddalarning asosiy massasi amalda to'da ravishda ionlashgan va kuchli ionlashgan plazma holatida bo'ladi. Xususan, Quyosh butunlay plazmadan iboratdir. SHu kabi er atmosferasining yuqori qatlamlari (ionosfera) ham plazmadan iborat.

Plazma kuchli ionlashgan gaz bo'lgani uchun odatdagi gazlarga birmuncha o'xshash bo'ladi va ko'pchilik gaz qonunlariga buysunadi. Birok plazma bylan oddiy gazlar orasida tamoman qarama-qarshi farqlar bor. Bu farqlar ayniqsa, magnit maydon mavjud bo'lganida yorkin namoyon bo'ladi. Birinchi farqi magnit maydon plazmaning zarralari (ionlari va elektronlar)ga neytral atomlar gazida bo'lmaydigan katta kuchlar (Lorens kuchlari) ta'sir qiladi. Zarralar magnit maydon bo'ylab harakatlanganda bu kuchlar nolga teng. Magnit maydonga ko'ndalang harakatlanganda bu kuchlar maksimal bo'ladi va zarralar harakatiga to'sqinlik qiladi. Ikkinchi farq shundaki, plazmada elektronlar va ionlar kulon kuchlari yordamida o'zaro kuchli ta'sirda bo'ladi. Bu ikki xol va kuchli ionlashgan plazmaning katta elektr o'tkazuvchanligi birgalikda elektr va magnit maydonlar bo'lganida plazmaning xossalari va uning harakat tenglamalari odatdagi gaz va suyuqliklarning xossalari va harakat tenglamalaridan keskin farq qilishini ko'rsatadi.



82-расм.

Plazmaning elektr o'tkazuvchanligi katta bo'lgan alohida suyuqlik sifatida karalgandagi harakat qonunlarini o'rganish ko'plab yuqori haroratli kosmik jism jarayonlarini o'rganishda katta ahamiyatga ega. Plazma xossalarini tadqiq qilish juda katta

amaliy ahamiyatga ega, chunki plazmadan foydalanish yordamida boshqariluvchi termoyadro reaksiyalarini amalga oshirishning prinsipial imkoni ochilgan.

Elektrolitlarda elektr toki

Bu paragrafda suyuq o'tkazgichlarning xossalari, o'zgarmas tok hosil bo'lishini fizika-kimyoviy jarayonlari bilan tanishib chiqamiz.

O'zidan elektr tokini o'tkazuvchi eritmalar — elektrolitlar yoki ikkinchi tur o'tkazgichlar deb ataladi.

Elektrolitik eritmalarda tok o'tish jarayonini quyidagicha tushuntirish mumkin. Masalan, distillangan suvga osh tuzi kristalini tashlasak, suvda u eriydi va uning molekulalari atrofini suv molekulalari o'rab oladi va 82- rasmda ko'rsatilgandek manzara ro'y berib, eruvchi modda molekulasining musbat va manfiy zaryadli qismlarini bir-biridan ajratib yuboradi. Natijada, osh tuzi zaryadli Na^{+} va Cl^{-}-qismlarga, ya'ni ionlarga parchalanadi. Bu hodisani elektrolitik dissosiasiya deyiladi.

Agar shu eritmaga ikkita metall elektrod tushirib, ular tok manbaining musbat va manfiy qutblariga ulansa, ionlar elektrodlar tomon harakatlana boshlaydi: natriyning musbat ionlari manfiy elektrod — katodga, xlorning manfiy ionlari musbat elektrod — anodga tomon harakat qiladi. SHuning natijasida eritma elektr o'tkazuvchanlik xossalariga ega bo'lib, suyuqlikdan tok o'ta boshlaydi.

Elektrolitik dissosiyalanish nazariyasi bilan dastlab R. Arrenius shug'ullangan.

Erigan moddaning ionlangan molekulalari soni (n_1) ning barcha molekulalarning soni (n_0) ga bo'lgan nisbati, ya'ni umumiy molekulalar sonining (n_0) qancha qismini ionlar tashkil qilishini ko'rsatuvchi fizik kattalikka elektrolitik dissosiyalanish darajasi (α) deyiladi:

$$\alpha = \frac{n_1}{n_0}$$

Dissosiyalanmagan molekulalar soni (n_2) quyidagicha topiladi:

$$n_2 = n_0 - n_1 = n_0 - \alpha\, n_0 = n_0\,(1-\alpha)$$

Agar hamma molekulalar dissosiyalangan bo'lsa ($n_0 = n_1$), α=1 bo'ladi, ya'ni vaqt birligi ichida hajm birligida mavjud bo'lgan necha dona molekula dissosiyalanib, ionlar hosil qilsa, shu vaqt ichida shunga teng miqdorda ionlar o'tib ulguradi. Hajm birligidagi ionlar soni doimiy holda saqlanib, to'xtovsiz tok o'tib turadi.

Agar n_1 ga qaraganda n_0 juda katta bo'lsa $\alpha \approx 0$ bo'ladi. Bunday eritmadan tok o'tmaydi.

Elektrolitga tushirilgan modda molekulalari avval yuqorida aytilgancha ionlashga borib, bu ikki xil nomli ionlar soni ko'payishi natijasida musbat va manfiy ionlar bir-biriga ma'lum darajada yaqinlashish bilan o'zaro tortishish kuchi ta'sirida qaytadan neytral molekula hosil qiladi. Bu hodisaga malekulalanish (molizasiya) deyiladi.

Berilgan sharoitda vaqt birligi ichida ionlardan hosil bo'layotgan molekulalar soni shu vaqt davomida parchalanayotgan molekulalar soniga teng bo'lib, bir vaqtda

ham ionlanish, ham molekulalanish to'xtovsiz davom etsa, eritmaning hajm birligidagi ionlar soni o'zgarmay qoladi. Bu xolni dinamik muvozanat deyiladi.

Molekulalari batamom dissosiyalanadigan elektrolitlarga kuchli elektrolitlar deb ataladi. Bunday elektrolit uchun α =1 bo'ladi.

Kuchli elektrolitlarga misol qilib mis kuporosi ($CuSO_4$), osh tuzi (NaCI), kumush nitrat tuzi ($AgNO_3$) va hokazolarning eritmalarini ko'rsatish mumkin. Ko'pchilik eritmalarda konsentrasiya kam bo'lsa ham erigan moddalarning hamma molekulalari ionlanmaydi, ularning ionlanish darajasi hamma vaqt birdan ancha kichik bo'ladi. Bunday eritmalar kuchsiz elektrolitlar deyiladi. Masalan, sirka kislota, temir ftorid tuzi eritmalari va boshqalar. Kuchsiz elektrolitlarda ionlar orasidagi masofa katta bo'lgani uchun ular bir-birlariga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi deyish mumkin. Ular o'zaro shunday zaif kuch bilan tortishadiki, bunda molizasiya jarayoni deyarli bo'lmaydi, bu holda ionlararo tortishuv kuchlarini hisobga olmasa ham bo'ladi.

Amalda elektrolit sifatida suyultirilgan eritmalar yoki ideal eritma — kislota, tuz, ishqorlarning suvdagi eritmalari ko'p qo'llaniladi. SHunday qilib:

1. Eruvchi modda erituvchi modda molekulalarining o'zaro elektr ta'sirida tarkibiy qismlarga (ionlarga) ajratadi.
2. Elektrolitlarga tushirilgan elektrodlar orasidagi elektr maydon ta'sirida musbat va manfiy zarralar — ionlarning tartibli harakati natijasida tok hosil bo'ladi.
3. Molekulalardagi tok tashuvchi erkin elektronlar vazifasini elektrolitlarda ionlar bajaradi. SHuni ham aytish kerakki, metall vodorod atomlarida elektronlar oson chiqib ketgani uchun metall va vodorod atomlari musbat ionlarga, kislota ishqori qoldig'i esa manfiy ionlarga aylanadi.

Elektr maydon ta'sirida elektrolitdagi ionlar elektrodlar tomon tartibli harakatga kelib, elektrodlarda modda ajralish jarayoni boradi. Bu hodisaga elektroliz deyiladi. Elektroliz hodisasini 1836 yilda ingliz fizigi Faradey mufassal o'rgandi va quyidagi qonunlarni kashf etdi.

1) Faradeyning birinchi qonuni: elektrodda ajralib chiqqan modda miqdori elektrolit orqali o'tgan zaryad miqdoriga to'g'ri proporsionaldir:

$$m = kq = xIt \qquad (3.13)$$

bu erda q = It — ionlar t vaqt ichida olib o'tgan zaryad miqdori, m — ajralgan modda massasi, k — proporsionallik koeffisienti bo'lib, u moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti deb ataladi.

q=1 bo'lganda k son jihatdan m ga teng bo'ladi. Demak, elektrokimyoviy ekvivalent elektrolit orqali bir birlik zaryad o'tganda ajralgan modda massasini bildiradi.

SI sistemada

$$[k] = \frac{[m]}{[q]} = 1\frac{кг}{Кл}$$

hisobida o'lchanadi. Amalda k ning mg/Kl birligi ishlatiladi.

2) Faradeyning ikkinchi qonuni moddaning elektrokimyoviy ekvivalentini uning kimyoviy ekvivalenti bilan bog'laydi.

Son jihatdan berilgan element massasiga teng bo'lgan grammlar (yoki

kilogrammlar) da ifodalangan kimyoviy birikmalarda 1,0078 gramm (yoki kilogramm) vodorodning o'rnini bosadigan o'lchamsiz kattalikka elementning kimyoviy ekvivalenti deb ataladi.

Kimyoviy birikmalarda elementning bitta atomi bilan o'rin almashinadigan vodorod atomlari soni elementning valentligi p deb ataladi.

Bir valentli element uchun kimyoviy ekvivalent uning atom og'irligi (A) ga tengdir. p valentli element uchun kimyoviy ekvivalent A/p ga teng.

Massasi trammlarda ifodalangan, son jihatdan kimyoviy ekvivalentga teng bo'lgan element miqdori gramm-ekvivalent (g-ekv) deb ataladi. Masalan A/p kilogrammga teng bo'lgan modda miqdori kilogramm-ekvivalent (kg-ekv) deb ataladi.

Faradeyning ikkinchi qonuni quyidagicha ta'riflanadi: barcha moddalarning elektrokimyoviy ekvivalentlari ularning kimyoviy ekvivalentlariga to'g'ri proporsionaldir:

$$k = C\frac{A}{n} \tag{3.14}$$

Proporsionallik koeffisienti S barcha moddalar uchun bir xil qiymatga ega bo'ladi. S doimiyga teskari bo'lgan kattalik Faradey soni F deyiladi:

$$F = \frac{1}{C}$$

Demak, Faradeyning ikkinchi qonuni yana quyidagicha ifodalanadi:

$$k = \frac{1}{F}\cdot\frac{A}{n} \tag{3.14a}$$

ning qiymatini (3.13) formulaga qo'yamiz:

$$m = \frac{1}{F}\cdot\frac{A}{n}q = \frac{AIt}{F\cdot n} \tag{3.13a}$$

Bu formula Faradeyning birlashgan qonunini ifodalaydi. Bu formuladan ko'rinadiki, agar q zaryad son jihatdan F Faradey soniga teng bo'lsa, u holda m massa son jihatdan A/n ga teng bo'ladi.

Bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi: elektrolitlarda kimyoviy ekvivalentiga son jihatdan teng bo'lgan modda massasi ajralib chiqishi uchun elektrolitdan Faradey soniga teng miqdorda zaryad o'tishi kerak.

Tajriba yo'li bilan

$$F = 96500\frac{Кл}{г\cdot экв} = 96500\frac{Кл}{моль}$$

ekanligi aniqlangan, ya'ni elektroliz vaqtida bir gramm-ekvivalent modda ajralishi uchun elektrolitdan 96500 kulon zaryad o'tishi kerak.

Elektron nazariyaning yaratilishida Faradey qonunlari muhim rol o'ynadi. (3.13) formuladan shu narsa kelib chiqadiki, har qanday moddaning 1 g ekvivalenti ajralishi uchun elektrolit orqali juda muayyan elektr miqdori, ya'ni son jihatdan F-Faradey soniga teng bo'lgan elektr miqdori o'tish kerak. Gramm ekvivalentdagi N' atomlar soni (Avogadro soni) elementning valentligini n-ga bog'liq bo'lib,

$$N' = \frac{N}{n}$$

ga tengligi aniq. Bitta atomning ajralib chiqishi elektrolit orqali

$$q = \frac{F}{N'} = \frac{F}{N} n$$

zaryad miqdori o'tishi bilan bog'liq. Elektrolitlar nazariyasiining ion nazariyasiga ko'ra tokning elektrolitlar orqali o'tishi musbat va manfiy ionlarning elektr maydon ta'sirida qarama-qarshi yo'nalishlarda ko'chishidan iboratdir, bundan (3.14) formulaga ko'ra har bir ion elementning n valentligiga proporsional bo'lgan q zaryad olib o'tishi kelib chiqadi.

Ionning eng kichik e zaryadi bir valentli (n=1) ionning zaryadiga mos keladi, demak

$$e = \frac{F}{N} \tag{3.15}$$

elementning valentligi butun son bilan ifodalanadi, shunga ko'ra har qanday harakat ion tashib o'tayotgan q zaryad

$$q = ne$$

ya'ni eng kichik e zaryadga butun karrali bo'ladi. SHunday qilib, Faradey qonuni moddaning atom nazariyasi bilan birgalikda elektrning atom tuzilishi haqidagi tasavvurga olib keladi. Gelmgols va Stonet 1881 yilda bir vaqtda va bir-biridan mustaqil ravishda shunday hulosaga keldilar. Moddaning har bir atomi e elementar zaryadga karrali zaryadni yo'qotish yoki qabul qilishi mumkin. Bu e elementar zaryad elektron zaryadi ekanligi ma'lum. Agar atom (yoki molekula) bitta yoki bir nechta ortiqcha elektron qabul qilsa, manfiy ion hosil bo'ladi. Masalan, elektrolitik dissosiaasiyada vodorod va ishqoriy metallar (litiy, natriy, kaliy va boshqalar) bir valentli musbat ionlar hosil qiladi, ya'ni ular bittadan elektron yo'qotgan atomlardir.

Cl, Br, J galogenlar bir valentli manfiy ionlar hosil qiladi, ularning atomlari bittadan ortiqcha elektron qabul qilib oladi.

Bitta elementning o'zi turlicha valentliklarda uchrashi mumkin. SHunga muvofiq ravishda turlicha zaryadli ionlar hosil bo'ladi. Masalan, ikki valentli temir tuzlari dissosiyalanganda hosil bo'ladigan musbat temir ioni ikkita elektronini yo'qotgan temir atomidan iborat, temirning uch valentli tuzlarining dissosiyalanishida hosil bo'ladigan temir ioni uchta elektronini yo'qotgan atomdan iborat bo'ladi.

(5) munosabat F Faradey soni va N Avogadro soni orqali elektron zaryadini aniqlashga imkon beradi. Avogadro soni

$$N = 6{,}023 \cdot 10^{23} \frac{1}{моль}$$

$$e = \frac{F}{N} = \frac{96404}{6{,}023 \cdot 10^{23}} K = 1{,}б01 \cdot 10^{-19} K = 4{,}803 \cdot 10^{-10} CGSEq$$

bu elektron zaryadining hozir qabul qilingan qiymatlaridir. Biroq N Avogadro sonini eksperimental aniqlash usullarining aniqligi elektron zaryadini bevosita o'lchash usullari aniqligidan kam bo'lgani uchun (3.15) tenglikdan odatda N Avogadro sonini F Faradey soni va e elektron zaryadi orqali aniqlashda

foydalaniladi.

Elektrolitlar uchun Om qonuni

Ma'lumki, metallarda tok zichligi (j), ya'ni o'tkazgichning ko'ndalang kesimi yuza birligi (S) dan har sekundda o'tayotgan zaryad miqdori (ya'ni tok kuchining zichligi $j = \frac{I}{S} = qn\upsilon$ shu o'tkazgichdagi elektr maydon kuchlanganligi (E) ga to'g'ri proporsional;

$$j = \sigma E \qquad (3.15)$$

Bundagi σ—elektr o'tkazuvchanlik koeffisienti bo'lib, berilgan haroratda shu o'tkazgich moddasi uchun doimiy kattalikdir. Elektrolitlardan tok o'tganligi uchun Om qonuni qanday ifodalanishinya qarab chiqaylik.

Eritmadagi moddalar tok manbaiga ulanishi bilan eritmaning musbat va manfii ionlari $F_э = qE$ Kulon kuch ta'siri ostida Nhyutonning $A = ma$ qonuniga asosan tezlanuvchan harakatga keladi. Bu kuchlar ta'sirida ionning tezligi orta boradi. Ammo ion elektrolitda harakatlanayotgan bo'lgani uchun unga tezlikka proporsional muhitning qarshilik kuchi $F_к = -k\upsilon$ ta'sir etadi. Natijada u sekinlanuvchan harakat qilib, tezlanishi kamaya boradi. Bundagi k —ishqalanish koeffisienti bo'lib, turli ionlar uchun ularning tabiatiga qarab turli qiymatga ega. Kuzatish jarayonida shunday holat ro'y beradiki, ionlarga ta'sir etuvchi kuchlar o'zaro tenglashib, ionlar tekis harakat qila boshlaydi. Bu holda musbat ionga ta'sir etuvchi kuchlar $F_э = F_к$ yoki $qE = k_+\upsilon_+$ bo'lib, bundan tezlikni aniqlasak,

$$\upsilon_+ = \frac{q_+}{k_+}E = b_+E \qquad (3.16)$$

bo'ladi. SHuningdek manfiy ion tezligi $\upsilon_- = b_-E$. Demak, elektrolitdagi elektr maydon kuchlanganligi E ortgan sayin ionlar tezligi ham orta boradi va qachon $E = 1\frac{B}{м}$ bo'lganda musbat ion tezligi $\upsilon_+ = \frac{q_+}{k_+} = b_+$ bo'ladi. SHu ion q_+ va k_+ doimiy bo'lgani uchun ularning nisbati ham o'zgarmas bo'ladi. Bu sharoitdagi tezlik har bir ion uchun uning harakatini xarakterlovchi kattalik bo'lib, bu tezliklarni ionning harakatchanligi deb ataladi. YA'ni elektr maydon kuchlanganligi bir birlikka teng bo'lgandagi ionning tezligiga uning harakatchanligi deyiladi.

Elektrolitdan o'tayotgan tok zichligini qarab chiqaylik.

Tok kuchining zichligi elektrolitdagi elektrodlar orasida bo'lgan E elektr maydon ta'sirida kuchlanganlik yo'nalishiga tik bo'lgan birlik yuza orqali bir sekundda o'tadigan zaryadlar soni bilan o'lchanadigan fizik kattalikdir. Zaryad, zaryad konsentrasiyasi va zaryadning tezligi orqali tok kuchi zichligi ifodasini metallarda elektr tokida ko'rgan edik. Endi shu ifodalarni elektrolit uchun yozsak musbat va manfiy ionlar mavjud ekanligini e'tiborga olishimiz kerak. U vaqtda tok zichligi

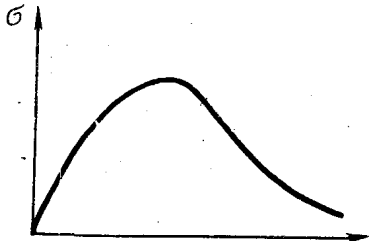
$$j = j_+ + j_- = qn_+\upsilon_+ + qn_-\upsilon_- \qquad (3.17)$$

bo'ladi va bu ifodaga tezliklarni (3.16) dagi qiymatlarini qo'ysak, hamda eritmani binar deb qarasak $n_+ = n_- = \alpha n$ bo'lib,

$$j = \alpha n q (b_+ + b_-)E = \sigma E \qquad (3.17a)$$

ko'rinishni oladi. Bundan ko'rinadiki, tok zichligi elektr maydon kuchlanganligiga to'g'ri proporsional bo'lar ekan. SHuning uchun bu hosil bo'lgan ifodaga elektrolitlar uchun Om qonuni deyiladi. (3.17a) formuladagi σ elektrolitlarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma = \alpha n q (b_+ + b_-) \qquad (3.18)$$



83-расм.

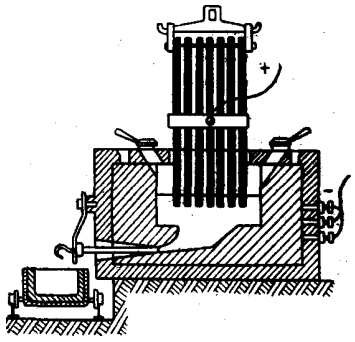
Tajribalar ko'rsatadiki, harorat ortishi bilan elektrolitning elektr o'tkazuvchanligi ortadi. CHunki bu vaqtda dissosiasiyalanish, harakatchanlik ortadi. Elektrolitlarning elektr o'tkazuvchanligi (3.18) dan ko'rinadiki, ionlar konsentrasiyasiga to'g'ri proporsional bo'lib, ular orasidagi bog'lanish 83-rasmda ifodalangan.

Grafikdan ko'rinadiki, toza erituvchiga eruvchi modda solinib boshlanganda, eruvchi modda molekulalari tezlik bilan ionlarga ajralib, elektr o'tkazuvchanlik konsentrasiyaga (ionlar soniga) bog'liq holda ortnb egrilik maksimal qiymatgacha ko'tariladi, so'ngra solingan eruvchi modda borgan sari kamroq ionlana borgan sari elektr o'tkazuvchanlik kamayib boradi. Bu esa egrilikning pasayishidan ko'rinadi.

Elektrolizning texnikada qo'llanilishi

YUqoridagi paragraflarda elektrolitlardan tokning hosil bo'lishini qarab chikdik. Endi bu hodisalardan texnikada qanday maqsadlarda foydalanilishini qarab chiqaylik.

1. Elektrometallurgiya eritilgan rudalarni elektroliz qilish yo'li bilan alyuminiy, natriy, magniy, berilliy, va boshqa nodir metallarni ajratib olishdir. Masalan, alyuminiy olish uchun xom ashyo sifatida gilh tuproqqa ega bo'lgan mineral (Al_2O_3) boksitlar xizmat qiladi. Elektrodlar sifatida ko'mir plastinalar qo'llanilgan elektrolitik vannaga solinadi (84-rasm). Elektrodlar orasidan tok o'tishi natija-sida ajralgan issiqlik hisobiga rudalar erigan holatda ushlab turiladi.



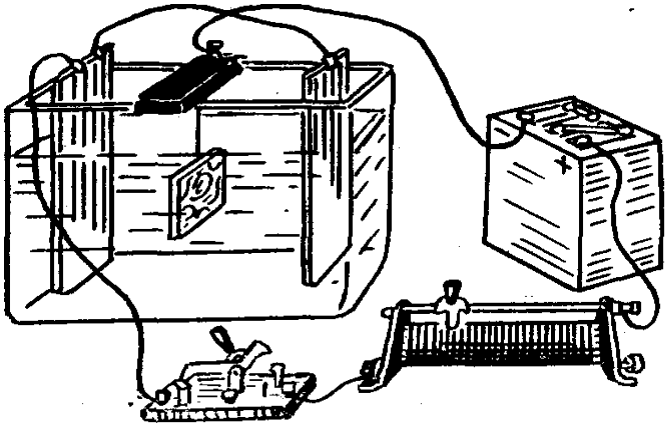
84-расм.

SHuningdek, sanoatda, texnikada ko'p ishlatiladigan toza metallar asosan elektroliz yordamida olinadi. Bunday usul bilan kimyoviy jihatdan toza metall olish rafinlash deb ataladi. Masalan, elektrolitik mis olish uchun elektrolit sifatida mis kuporosining suyultirilgan sulhfat kislotasidagi eritmasi olinadi. YUpqa mis plastinkalari elektrodlar sifatida ishlatiladi. So'ngra elektrolitdan katodning har bir kvadrat metriga 250 A dan oshmaydigan qilib tok o'tkaziladi. Toza mis katodga o'tirib qoladi, anod esa bu vaqtda erib ketadi, bunda faqat mis eriydi, aralashmalari esa rovak cho'kma hosil qilib, asta-sekin vannaning tubiga cho'kadi. Oltin, kumush, rux, qalay va boshqa metallar ham shu tariqa rafinlanadi.

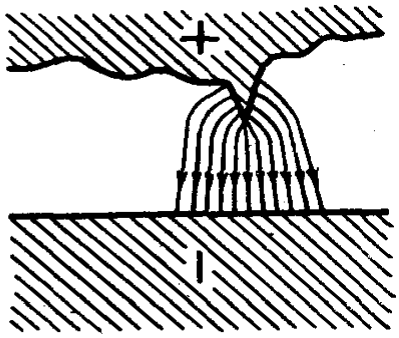
2. Galhvanostegiya. Elektroliz yordamida metall buyumlarni boshqa nodir

metallning yupka qatlami bidan qoplash galhvanostegiya deb ataladi. Masalan, buyumlarni nikellash, kumushlash, oltin suvi yuritish, xromlash va shunga o'xshashlar galhvanostegiya yo'li bilan amalga oshiriladi. Buning uchun buyum elektrolitga katod sifatida joylashtiriladi (85-rasm). Buyumni qoplaydigan metall tuzining suvdagi eritmasi elektrolit vazifasini bajaradi. Elektrolitdan tok o'tkazilganda makzur buyumni qoplash kerak bo'lgan metall buyum sirtiga yupqa qatlam hosil qilib o'tirib qoladi.

3. Galhvanoplastika. Relhefli buyumlarning metall nusxasini olish galhvanoplastika deb ataladi. Buning uchun nusxasi olinadigan buyumning sirti



85-расм.



86-расм.

ustiga oson eruvchi suyuq metall qo'yiladi. Qotgach, u olinadi va bunda sirtning teskari tasviri ko'rinishdagi nusxasi hosil bo'ladi. Nusxaga ancha kiyin eruvchi metall elektrolitik usul bilan koplanadi, so'ngra nusxani eritib yuboriladi. SHunday usul bilan, masalan, medalh, tangalarning nusxasi olinadi, tipografiya klishelari va hokazolar tayyorlanadi.

Nazorat savollari.

1. Gazlarda elektr tokini o'tish jarayonini tushuntiring?
2. Plazma haqida tushuncha bering?
3. Suyuqliklarda elektr toki deganda nimani tushunasiz?
4. Faradey qonunlarini ayting?
5. Elektrokimyoviy ekvivalent deganda nimani tushunasiz?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.

6. N. Sultanov “Fizika kursi”, “Fan va texnologiya”, nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev “Fizika kursi”, “O’zbekiston milliy kutubxonasi”, nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov “Elektromagnetizim”, “Iqtisod-moliya”, nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov “Fizika”, “Aloqachi” , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. “Elektr va magnetizim”, “Iqtisod-moliya”, nashriyoti, 2007.

19-maruza. Yarimo’tkazgichlar.Yarimo’tkazgichlarning elektr o’tkazuvchanligi. Sof va aralashmali elektr o’tkazuvchanlik.

Reja:

1. Metallar va yarim o’tkazgichlarning elektr o’tkazuvchanligi
2. Yarim o’tkazgichlarning xususiy va kirishmali elektr o’tkazuvchanligi
3. Yarim o’tkazgichlarda kontakt hodisasi
4. Yarim o’tkazgichli diod va tranzistor

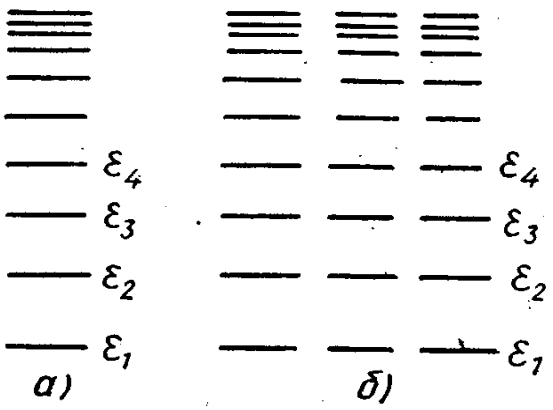
Metallar va yarim o’tkazgichlarning elektr o’tkazuvchanligi

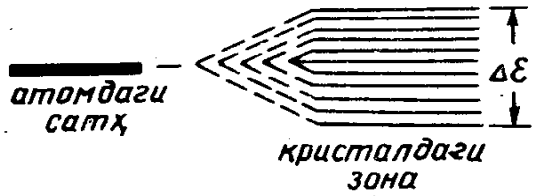
Metallarning solishtirma elektr o’tkazuvchanligi haroratga bog’liq holda $6\cdot10^{-6}$ dan $6\cdot10^{-8}\,Ом^{-1}\cdot м^{-1}$ gacha chegarada bo’ladi, solishtirma elektr o’tkazuvchanligi 10^{-8} dan $10^{-10}\,Ом^{-1}\cdot м^{-1}$ gacha bo’lgan moddalar yarim o’tkazgich va bundan ham yuqori 10^{-10} dan kichik bo’lgan moddalar dielektriklar (yoki izolyator) deyiladi. Bu yarim o’tkazuvchan moddalar va dielektriklarda elektronlar va ionlar zaryad tashuvchilar bo’ladi. Qattiq elektrolitlarda va shu kabi (suvsiz $NaNO_3$, KNO_3, $HgNO_3$, SiH, $NaCl$) tuz va tuz eritmalari ionlanganda ham elektroliz xarakterida tok o’tadi.

Metall va yarim o’tkazgichlar solishtirma o’tkazuvchanligining haroratga bog’liqligi sifat tomondan farqlanadi. Harorat pasaya borib, absolyut nolga yaqinlashsa, metallarning elektr o’tkazuvchanligi cheksizlikka intilsa, yarim o’tkazgichlarniki nolga intilib, dielektr bo’lib keladi. Harorat ko’tarila borsa, yarim o’tkazgich metall kabi xususiyatga ega bo’ladi. Atomlar orasidagi bog’lanish susayib, erkin elektron ko’payib, tok o’tishi kuchayadi. Metall atomlarining tashqi valentlik elektronlari yadro bilan kuchsiz bog’langan. YArim o’tkazgichlarniki esa ancha kuchli bog’langan. YAdrolardan uzilgan (ajralgan) bunday elektronlar erkin (ozod) bo’lib, metallning hamma tomonida harakat qila oladi.

YArim o’tkazgichlarda esa elektronlar kuchli bog’langani uchun bunday emas, ularga ionlanish energiyasi panjarani tebratuvchi issiqlik, qisqa elektromagnit to’lqin, yuguruvchi zarralar oqimi, kuchli elektr maydon energiya berish kerak. YArim o’tkazgichning turiga qarab bu energiya 0,1 dan 2 eV gacha, bitta atomning o’rtacha issiqlik energiyasi $\frac{3}{2}kT \approx 0{,}04\,эВ$ dan anchagina ko’pdir. SHuning uchun yarim o’tkazgichlarda erkin elektronlar konsentrasiyasi juda oz, ammo temperatura ko’tarila borsa, erkin elektronlarning ortishi bilan rekombinasiya, ya’ni musbat va manfiy ionlarning birikib neytral atom hosil qilishlari ortishiga qaramay, har bir harorat qiymatida ionizasiya va molizasiya qiymatlari o’zaro teng bo’lib, dinamik

muvozanat natijasida harakatchan elektronlar soni orta boradi, natijada elektr o'tkazuvchanlik ham qisman osha boradi.
Metall va yarim o'tkazgichlarda bo'ladigan jarayonlarni tushunish uchun ulardagi valent elektronlar energetik sathlarining tuzulishini qarab chiqaylik. Biror ajralgan





67- расм.

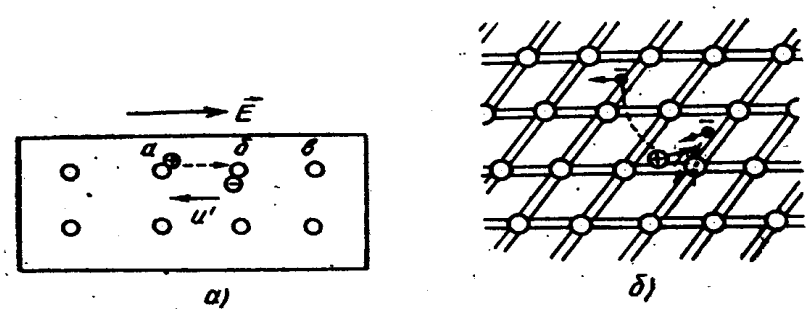
66- расм.

holda (yakka) olingan atomning ixtiyoriy valent elektronining energetik sathi sxematik ravishda 66- a rasmda ko'rsatilgandek bo'lsin. Eng kam ε_1 energiyaga ega bo'lgan sathga asosiy yoki uyg'onmagan, qolgan hamma sathlari uyg'ongan deb qaraladi. SHunday atomlardan N donasini tanlab olaylikki, ular orasidagi masofa katta bo'lgani uchun ular orasidagi ta'sir kuchlarini hisobga olmaslik mumkin bo'ladi. Sistemadagi N ta o'zaro ta'sirlashmaydigan atomni va valent elektronlarini oldingi 66- a rasmda ifodalangan energetik sathi sistemada nechta atom bo'lsa, shuncha marta takrorlanadi (66- b rasm). Endi bu atomlarni shunchalik yaqinlashtiraylikki, natijada kristall panjara hosil kilsin. Bu holda atomlarning o'zaro ta'sir kuchi natijasida har bir oddiy energetik sath N dona oddiy sathga ajraladi (67-rasm). Energetik sathlarning N karrali to'plami energetik zonani yoki kristall zonasini hosil qiladi. Har bir asosiy zona parchalanishidan hosil bo'lgan N karrali uyg'ongan zonalar yig'indisiga asosiy zona deyiladi Boshqa hamma qolgan zonalar uyg'ongan sathlar zonalari deyiladi. N juda katta bo'lgani uchun bitta zonaning xuddi shunday zonagacha bo'lgan oralig'i juda kichik, shuning uchun ozgina energiya bilan elektronni tanlagan zonaning bir energetik sathdan ikkinchisiga ko'chirish mumkin. Amalda har bir zonaning energetik sathi bir-biri bilan uzluksiz birlashgandek ko'rinadi. Ammo boshqa qo'shni energetik sathlar bir-biridan energiyaning chekli intervali bilan chegaralangan. Bu intervallar taqiqlangan zonalar deyiladi. Bunday intervallarda zarur bo'lgan energiyani elektronlar qabul qila olmagani uchun elektronlar sath oralaridan o'ta olmaydi Bu taqiqlangan zonalarga qarama-qarshi holda energiyaning etarli mumkin bo'lish qiymati ruxsat etilgan zona deyiladi.

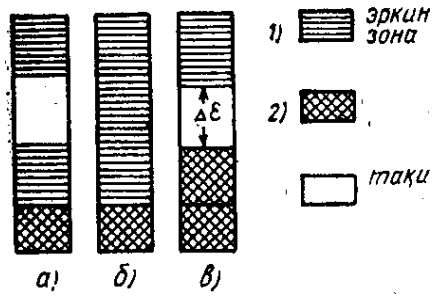
Metallarda uch xil zona bo'ladi: erkin ozod zona, taqiqlangan zona va ruxsat etilgan zona bo'ladi.

Metallarda valentli elektronlarning asosiy energetik zonasi uyg'onish sathidan chekli kenglikda taqiqlangan zona bilan ajralgan holda bo'lishi mumkin (68-a

rasm). Taqiqlangan zonaning kengligi nolh ham bo'lishi mumkin, u vaqtda asosiy zona sathi yaqinida turgan uyg'onish sathiga tutashgan yoki uni qiymat berkitgan bo'lishi ham mumkin (68-b rasm). Bu holda avvalgiga o'xshab, har ikki zona bitta zonaga birikadi va oxirgini asosiy zona deb olish mumkin. Metallarda asosiy zona hamma vaqt qiymat to'liq bo'ladi, shuning uchun ham metallar elektr o'tkazuvchan bo'ladi.



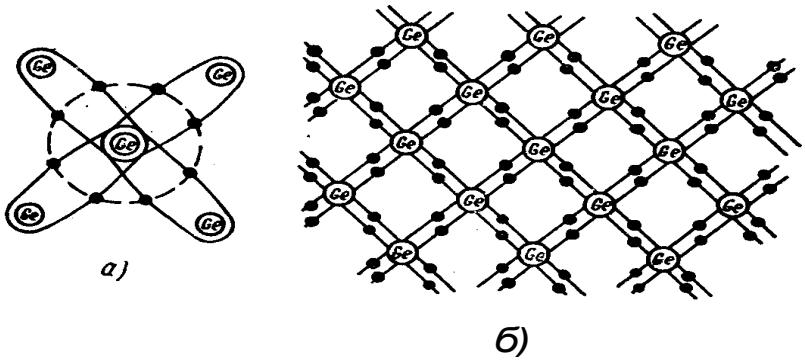
70- расм.



YArim o'tkazgichlarda asosiy zona uyg'otilgan sath zonasidan energiyaning chekli qiymati $\Delta\varepsilon$ bilan ajralgan bo'ladi (68- v rasm). Bu erda yarim o'tkazgichlarning asosiy zonasi valentli zona, zonadagi uyg'otilgan sathlarga — o'tkazuvchanlik zonasi deb qabul qilingan. SHuning uchun absolyut nolga yaqin haroratda valentli zona elektronlar bilan to'lgan, o'tkazish zona bo'sh bo'lib, tok o'tmaydi — dielektrik bo'lib qoladi. Odatdagi dielektriklarda, taqiqlangan zona chegara kengligi $\Delta\varepsilon$ juda katta (YArim o'tkazgichlarda $\Delta\varepsilon = 2\,эВ$ bo'lishi dielektrik holatga to'g'ri keladi). Harorat ko'tarilishida elektronlar kristall ionlaridan qariyb kT energiya olib, ba'zi elektronlar valentli zonadan o'tkazuvchan zonaga o'tib tok o'tkaza boshlaydi. Bu hol «teshik» nomini olgan.

Yarim o'tkazgichlarning xususiy va kirishmali elektr o'tkazuvchanligi

1) Xususiy yarim o'tkazgichlar. Mendeleev jadvalining IV gruppasiga kiruvchi elementlar bo'lib, ular to'rt valentlidir. Ularning valentlik ionlari kristall panjara tugunidagi atomlar bilan o'zaro ikkitadan elektron bilan bog'langan (69-rasm).



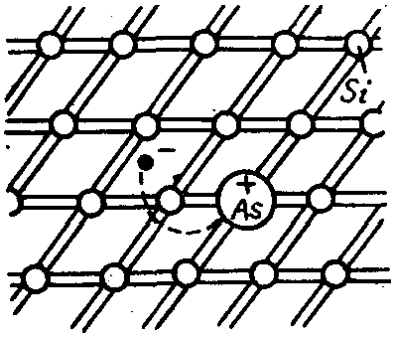
Bunga kovalentlik bog'lanish deyiladi. YArim o'tkazgichlarga tashqi energiya berish orqali bu zaif bog'langan elektronlarni uzib erkin elektronlarga aylantirish mumkin. Bu ajralgan elektron o'rni bo'shab qoladi. Bu joyga «teshik» deb ataladi va uni musbat zaryadga ega deb qaraladi. YArim o'tkazgichga tashqi elektr maydon ta'sir ettirilsa, elektron va «teshik» qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanib tok hosil qiladi (70- a, b rasm).

CHunki bo'shab qolgan «teshik»ka qo'shni turgan elektron o'tadi. Bu elektronning o'rni esa bo'shaydi, shu kabi elektron va «teshik» qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadi. Bundan ko'rinadiki, yarim o'tkazgichlarda tok tashuvchi zarralar manfiy zaryadli elektron va musbat zaryadli teshik bo'lar ekan. Agar tashqi berilayotgan energiya ortsa, elektronlar va «teshik»lar soni ham ortib tok ko'payadi, ya'ni elektr o'tkazuvchanligi ortadi.

YArim o'tkazgichdagi elektronlar va teshiklar konsentrasiyasini moc ravishda n_-, n_+ va harakatchanligini b_- hamda b_+ desak, uning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi quyidagicha ifodalanadi:

$\sigma = \sigma_+ + \sigma_- = en_+b_+ + en_-b_-$

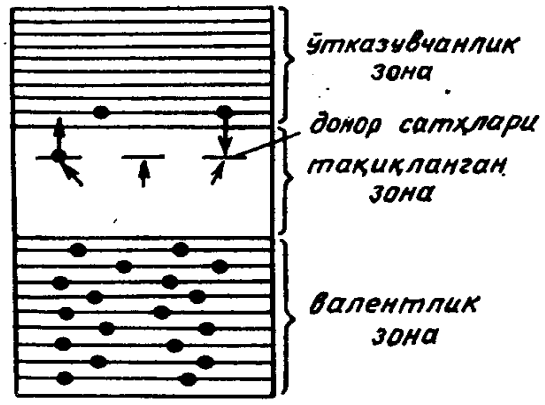
Sof kremniyning xona haroratida elektronlar konsentrasiyasi $10^{17} м^{-3}$ solishtirma qarshiligi $10^3\ Ом \cdot м$ dan katta, ammo 1000 K haroratda konsentrasiya $10^{23} м^{-3}$ ga etib, solishtirma qarshiligi $10^{-3}\ Ом \cdot м$ ga teng bo'ladi, ya'ni 10^6 marta kamayadi. Demak, harorat ortishi bilan elektr o'tkazuvchanlik ortar ekan.



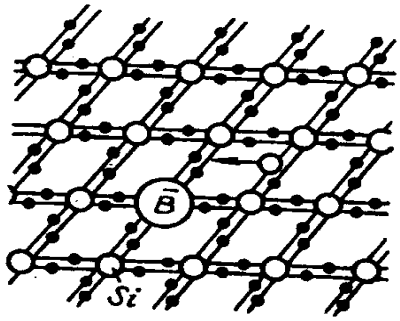
71-расм

b) Kirishmali elektr o'tkazuvchanlik. YArim o'tkazgichlarga o'ziga qo'shni bo'lgan uch yoki besh valentlik element atomlaridan juda ozgina kiritganimizda ham ularning elektr o'tkazuvchanligi juda ortib ketadi. Masalan, kremniy (Si) ga 0,001 foiz miqdorida fosfor kiritsak, xona haroratida uning solishtirma qarshiligi $6 \cdot 10^{-3}\ Ом \cdot м$, ya'ni sof kremniyning solishtirma qarshiligiga nisbatan 10^5 marta kichik bo'lar ekan. Demak, yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi shuncha

marta ortadi. SHuning uchun kirishmali yarim o'tkazgichlarni elektr o'tkazuvchanligining xususiy xollarini qarab chiqaylik. Birinchi navbatda yuqorida aytganimizdek, juda oz miqdorda kremniyga margimush (As) kiritilsin. Margimush beshinchi gruppa elementi bo'lib, besh valentlikdir. Margimush atomi kristall panjaradagi kremniy atomlarining birini o'rnini egallab, o'zining to'rtta elektroni bilan qo'shni to'rtta kremniy atomi bilan bog'lanadi, ortiqcha beshinchi elektroni panjaralar orasida erkin elektron bo'lib qoladi.



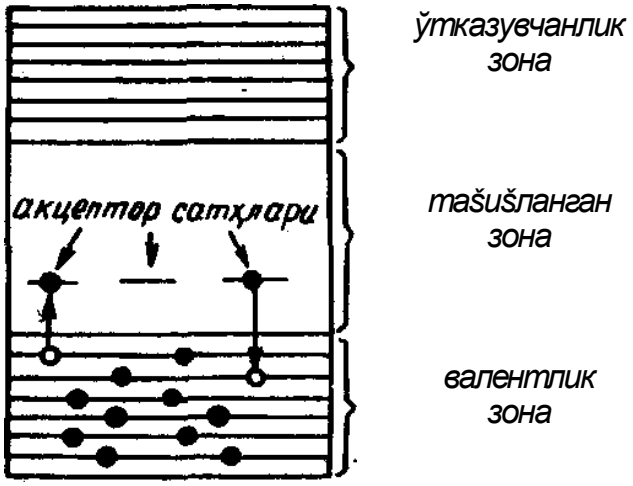
72- расм.



73- расм.

Margimush atomi esa musbat ionga aylanadi. Bu holda «teshik» hosil bo'lmaydi (71-rasm). Bu holda zaryad tashuvchi zarra faqat elektrondan iborat bo'ladi. SHuning uchun bunday kirishmali yarim o'tkazgichlarni elektron o'tkazuvchan yoki p-tip yarim o'tkazgich deyiladi (negativ — manfiy). Bunday kirishmali atomlarga donor deyiladi. Bular taqiqlangan zonada o'tkazuvchanlik zonasi yaqinida donor sathini hosil qiladi (72-rasm).

Ikkinchi holda kremniyga bor (V) atomidan juda oz miqdorda kiritaylik Bor uch valentli bo'lgani uchun kremniyning kristall panjara tugunlaridan biriga joylashganda o'zidagi uchta elektron bilan qo'shni uchta kremniy atomi bilan bog'lanadi, to'rtinchi qo'shni kremniy atomi bilan bog'lanish uchun o'zidan nariroqda turgan bog'lanishdagi elektronni tortib olib u erda «teshik» hosil qiladi. Bu holda bor atomi manfiy zaryadlanib manfiy ionga aylanadi (73-rasm). Bunday kirishmali yarim o'tkazgichga elektr maydoni ta'sir etsa «teshik» o'z navbatida qo'shni elektronni tortib olib, maydon yo'nalishida harakatlanadi. Bu holdagi elektr o'tkazuvchanlikka «teshik» elektr o'tkazuvchanlik deyiladi. YArim o'tkazgichlarga esa r-tip deyiladi (positiv — musbat). Teshikni hosil kiluvchi kirishmaga akseptor deyiladi. Bular taqiqlangan valentlik zonasiga yaqin akseptor sathini hosil qiladi (74-rasm).

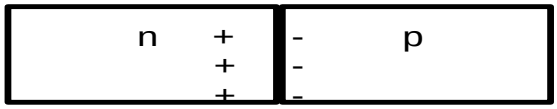


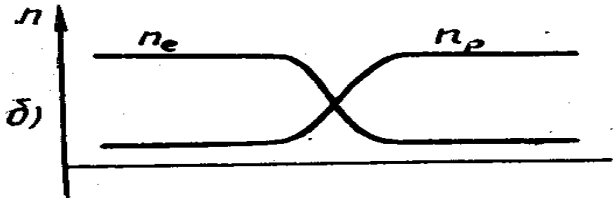
74-расм

SHunday qilib, yuqori temperaturalarda yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi kirishmali va xususiy o'tkazuvchanliklar yig'indisiga teng bo'ladi, ammo xususiy o'tkazuvchanlik asosiy rolh o'ynaydi. Past temperaturada esa kirishmali o'tkazuvchanlik asosiy rolh o'ynaydi.

Yarim o'tkazgichlarda kontakt hodisasi

YUqorida ko'rganimizdek, metallardagi zaryad tashuvchi elektronlar konsentrasiyasi (10^{28}—10^{29}) $м^{-3}$ edi. Ammo diffuziyalanib bir metalldan ikkinchisiga o'tuvchi elektronlar soni juda kam bo'lib, metallar orasidagi kontakt potensiallar farqi juda ham kichik bo'ladi.





75-расм

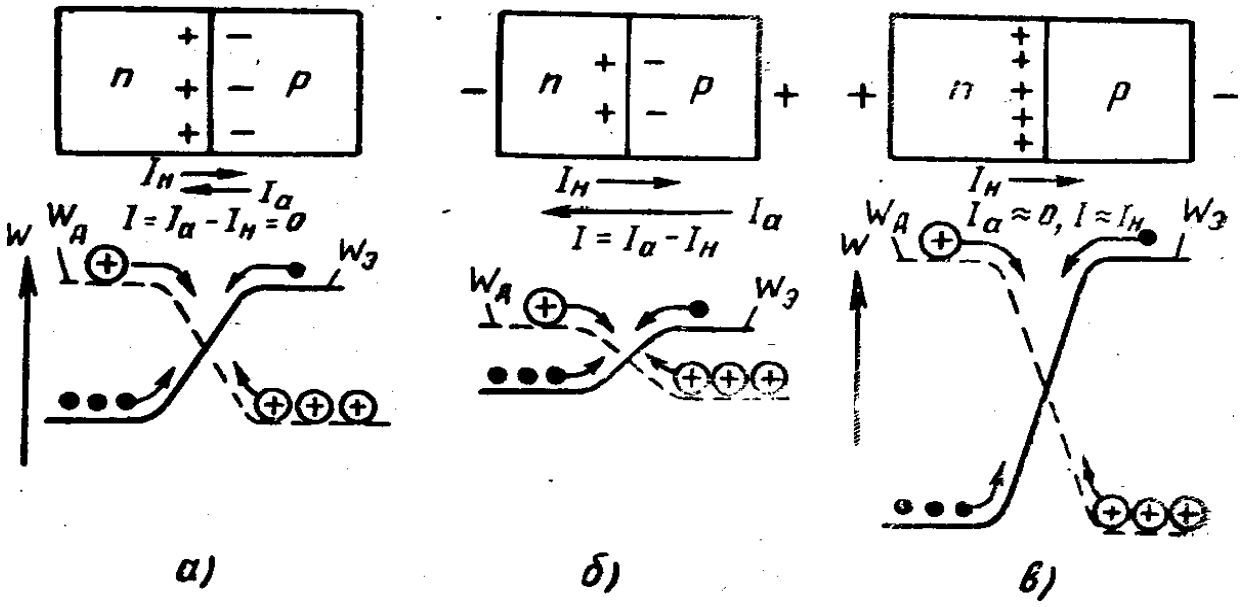
YArim o'tkazgichlarda esa elektronlar konsentrasiyasi $(10^{16} - 10^{25})\,м^{-3}$ bo'lib, ular orasidagi kontaktda elektronlar taxminan $10^{-6}\,м$ masofagacha yarim o'tkazgich ichiga kirib boradi. Agar bir xil tipdagi yarim o'tkazgich sirtlarini bir-biriga tegizsak, u vaqtda ikkalasida ham bir xil zaryad tashuvchilar bir-biriga o'tadilar. Bu xol metallardagi kontakt hodisasiga o'xshaydi. SHuning uchun toza yarim o'tkazgichga oz miqdorda besh va uch valentlik elementi ikki tomonidan kiritib bir yarmi elektronli (n-tip) va ikkinchi yarmi musbat teshikli (r-tip) yarim o'tkazgichli plastinka tayyorlanadi. Bu hosil bo'lgan plastinka ikkala yarmi oralig'ida juda yupka qatlam hosil bo'lib, uni r — p o'tish deyiladi. Bu o'tishda elektronlar va teshiklar diffuziyalanadi. Natijada n-tipda musbat zaryadlar—teshiklar, r-tipda esa

manfiy zaryadlar — elektronlar qatlamlari hosil bo'ladi (75- rasm). Teshikning p-sohaga o'tishi unda potensialning musbat qiymatini ortishi elektron energiyasini kamayishiga va teshik energiyasini esa ortishiga sabab bo'ladi. Aks holda ya'ni r-sohaga elektronning o'tishi esa unda manfiy potensialning va elektron energiyasining ortishiga, teshik energiyasining esa kamayishiga sabab bo'ladi (75-b rasm), r- soha uchun elektron, p- soha uchun asa teshik asosiy zaryad тащuvchi bo'lmaganliklari uchun yuqori energetik sathdan quyi energetik sathga o'tadi. Bu holatda energetik sathlar orasida zaryadning okishi natijasida n- sohadan r- sozhaga yo'nalgan tok hosil bo'ladi. Bu tokni $I_н$ deb belgilaymiz. r—n-o'tishda asosiy zaryad tashuvchilarning energiyalari o'zlari hosil qilgan potensial to'siqning balandligidan katta buliщi kerak. Bu vaqtda ular diffuziyalanib tok hosil qiladi. Bu tokni I_a bilan belgilaymiz. Bu yuqorida qaralgan hollarda tashqi elektr maydon ta'sir etmagan holdir. Bu vaqtda $I_a = I_н\, I_н$ bo'ladi. CHunki umumiy tok bu toklarning yig'indisiga teng bo'lib nolga tengdir:

$$I = I_a - I_н = 0.$$

Bu hol zaryad tashuvchilar elektron bo'lgan metallardan farqlidir. CHunki yarim o'tkazgichlarda zaryad tashuvchilar elektron va teshikdan iborat.

76- a rasmda n—r o'tishdagi potensial to'siq va asosiy (pastki) hamda asosiy bo'lmagan (ustki) zaryad tashuvchilarning energetik holatlari ifodalangan. Endi p — r- o'tishning p- sohasini manbaning manfiy qutbiga r-sohani eea musbat qutbiga ulaganimizda qanday hodisa ro'y berishini ko'rib chiqaylik (76- b rasm). Bu holda p- sohadagi elektronning va r — sohadagi teshikning energiyalari ortib, potensial to'siqdan osongina o'tib, r dan p ga qarab yo'nalgan tok hosil bo'ladi: $I = I_a - I_н$.Bu holda asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning hosil qilgan toklari $(I_н)$ o'zgarmas qoladi. n-sohani musbat qutbga, r-sohani manfiy qutbga ulasak, yuqoridagilarga qaraganda butunlay boshqa hodisa ro'y beradi. Bu holatda potensial to'siqning balandligi ortib, asosiy zaryad tashuvchilar hosil qilgan I_a tok kichik qiymatga ega bo'ladi (76- v rasm), o'tayotgan tok esa asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar hosil qilgan tokdan iboratdir.

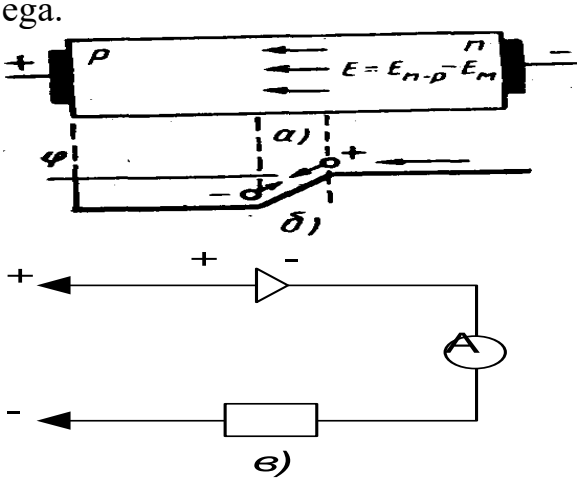


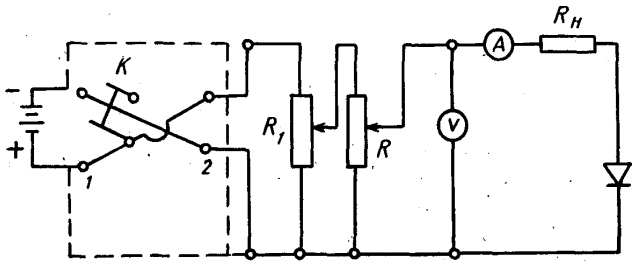
76- расм.

Yarim o'tkazgichli diod va tranzistor

YArim o'tkazgichli diod (ikki elektrodli lampa) bu p—r-o'tishga ega bo'lgan yarim o'tkazgich kristall bo'lib, uning qarama-qarshi sohalariga zanjirga ulash uchun kontaktlar ulangan. Diodning ulanish sxemasi 77- a rasmda keltirilgan. Rasmdan ko'rinadiki, kristallning elektron (p) sohasi manbaning manfiy, teshikli (r) sohasi musbat qutbiga ulanishi kerak ekan.

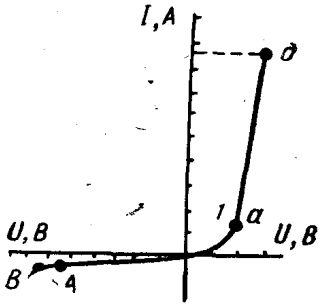
Manba maydoni p — r- o'tishdagi elektr maydonni susaytiradi. Natijada potensial to'siqning balandligi pasayadi (77- b rasm). Tashqi maydon ta'sirida elektronlar va teshiklarning natijaviy oqimlari qarama-qarshi tomonga yo'nalganligidan, ular hosil qilayotgan toklarning yo'nalishi bir xil bo'lib, umumiy tok ularning yig'indisiga teng hamda tashqi maydon ortishi bilan tok ham keskin ortadi. Agar kristallning ulanish qutblarini o'zgartirsak, yuqorida (37- § da) ko'rganimizdek juda kichik miqdorda asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar toki hosil bo'ladi, bu tok tashqi maydonga bog'liq emas. Bunday ulanishga teskari ulanish deyiladi. Demak, p —r- o'tishli kristall bir tomonlama o'tkazuvchanlikka ega.





77-rasm 78-rasm

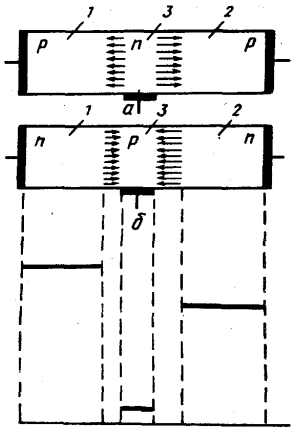
Diodning volht-amper xarakteristikasini olish uchun uni 78- rasmda ko'rsatilgandek ulaymiz va tajribada olingan volhtamper xarakteristikasini (79-rasm) qarab chiqamiz. Sxemadagi K kalitni 1 holatga ulab, kuchlanishni orttirsak, unga bog'liq holda tok kuchi ham ortdi.



79-расм.

Bu chizmada Oab egrilikdan iborat bo'lib, uning ab qismi kuchlanishga nisbatan tokning tezroq ortishini ifodalaydi. Oa qismda Om qonunining bajarilayotgani ko'rinadi. CHunki u to'g'ri chiziqdan iborat. Endi kalitni 2 holatga tashlab qutblarni o'zgartiramiz. U vaqtda asosiy bo'lmagan zaryadlarning mavjudligi tufayli teskari tok hosil bo'ladi. Xarakteristikada OA chiziqdir. Kuchlanishni yana orttirsak, diod teshilib gazlarda tok kabi kuchlanish ortishi bilan tok ham ortadi. Bu nuqta chizmada V nuqtadir.

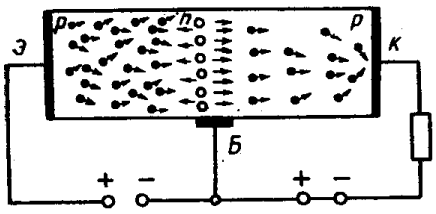
Tranzistor — uch elektrodli lampa bo'lib, ikkita r va bitta p (80-a rasm), yoki ikkita n bitta r sohadan iborat bo'lgan yarim o'tkazgich plastinkadir. Ammo yakka soha o'rtada bo'ladi (80-b rasm). Tranzistorda foydalaniladigan kristallar uchta sohadan iborat bo'ladi: 1— emitter, 2— kollektor, 3— baza sohalardir. Emitter — baza sohasi chegarasida hosil bo'lgan p — r o'tishga emitter o'tish, baza kollektor sohasi chegarasidagi p—r o'tishga kollektor o'tish deyiladi.



80-расм.

Odatda baza elektronli (n) yoki teshikli (r) o'tkazuvchanlikka ega bo'ladi. Bazaning tuzilishiga qarab tranzistorlar r—p—r yoki p— r —p tipda bo'lishi mumkin. Ammo ishlash prinsipida farqi yo'q.

Tranzistor 81-a, b rasmda ko'rsatilganidek ulansa, emitter o'tishning elektr maydoni kuchsizlanib, kollektor o'tishning elektr maydoni kuchayadi.



81-расм

Kollektordagi kuchlanish o'zgarmas bo'lganda kollektor toki orttirmasi $\Delta I_к$ ning emitter toki orttirmasi $\Delta I_э$ ga bo'lgan nisbati tranzistorning kuchaytirish koeffisienti deyiladi. Bu esa tranzistorlarning muhim parametrlaridan biridir.

YArim o'tkazgich qurilmalarning eng katta muvaffaqiyati ularning ixchamligi, engilligi, mustahkamligi, arzonligi va boshqalar bo'lib, ular radiotexnikada toklarni to'g'rilashda, yuqori chastotali elektr tebranishlarni hosil qilishda, elektr tebranishlarni kuchaytirish va generasiyalashda, hisoblash mashiialarida va boshqa joylarda ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. Metallar va yarim o’tkazgichlarning elektr o’tkazuvchanligini tushuntirib bering?
2. Yarim o’tkazgichlarning xususiy va kirishmali elektr o’tkazuvchanlik deganda nimani tushunasiz?
3. Yarim o’tkazgichlarda kontakt hodisasi tushuntirib bering?
4. Yarim o’tkazgichli diod va tranzistorlar o’tkazuvchanlik deganda nimani tushunasiz?
5. Yarim o’tkazgichlarning elektr o’tkazuvchanligi deganda nimani tushunasiz?
6. Metallarning elektr o’tkazuvchanligini deganda nimani tushunasiz?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O’quv yurtlarining fizika ixtisosi bo’yicha darslik. O’qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O’quv yurtlari uchun qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel’ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O’quv yurtlari uchun qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov “Fizika kursi”, “Fan va texnologiya”, nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev “Fizika kursi”, “O’zbekiston milliy kutubxonasi”, nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov “Elektromagnetizim”, “Iqtisod-moliya”, nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov “Fizika”, “Aloqachi” , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. “Elektr va magnetizim”, “Iqtisod-moliya”, nashriyoti, 2007.

20-maruza. Doimiy magnit. Magnit maydon. Magnit maydon induktsiya vektori. Tok elementi. Toklarning magnitli o’zaro ta’sirlashuvi.

Reja:
1. Doimiy magnit. Magnit maydon.
2. Magnit maydon induktsiya vektori. Tok elementi.
3. Toklarning magnitli o’zaro ta’sirlashuvi.

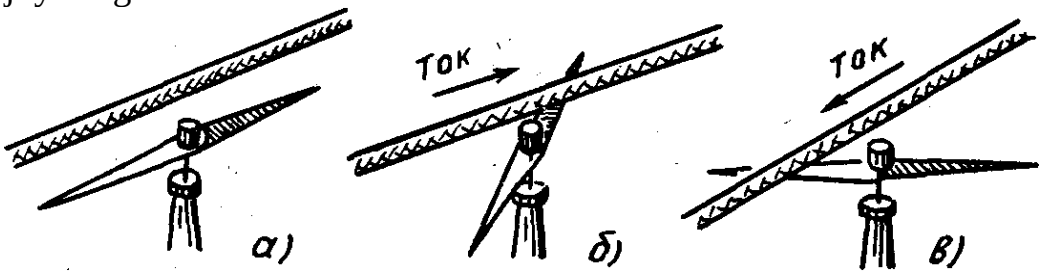
Tokning magnit maydoni

Harakatsiz turgan elektr zaryadlari orasida hosil bo’luvchi o’zaro ta’sir har bir zaryad atrofida mavjud bo’lgan elektr maydoni orqali o’zatilib, Kulon qonuni bilan aniqlanar edi.

Endi 1820 yillarda daniyalik olim Ersted tomonidan o’tkazilgan, elektr hodisalari bilan magnit hodisalari orasidagi bog’lanishni ko’rsatuvchi tajribalar bilan tanishib chiqaylik.

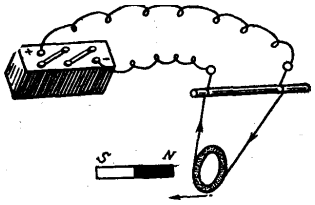
1. Halkasimon o’tkazgich olib, undan tok o’tkazamiz va unga ipak ipga osilgan zaryadlangan A sinash sharchasini yaqinlashtiramiz (109-rasm). SHarchaga halqa tomonidan ta’sir etuvchi hech qanday kuchni sezmaymiz. Demak, tokli

o’tkazgichdan tashqarida elektr maydoni hosil bo’lmay, balki o’tkazgichdan o’zgarmas tok o’tganda hosil bo’luvchi elektr maydoni butunlay o’tkazgich ichiga joylashgan bo’lar ekan.



110-rasm.

2. Magnit strelka olib, uning o’qi bo’ylab sim tortaylik (110-a rasm). Simdan tok o’tganda magnit strelkasi o’zining dastlabki vaziyatidan og’adi (110-b rasm). Agar tokning yo’nalishini o’zgartirsak, magnit strelkasining og’ish yo’nalishi ham o’zgaradi (110-v rasm).



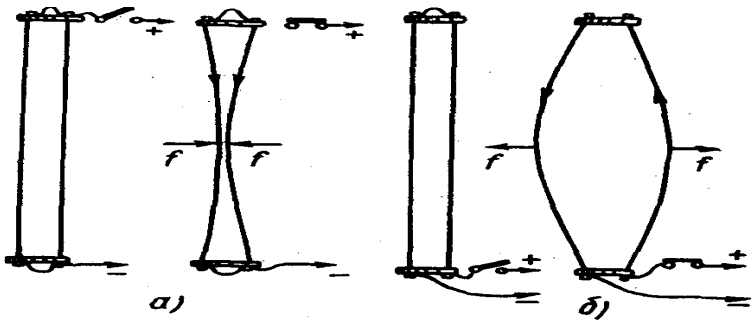
111-расм

Tajribaga asoslanib tokli o’tkazgich atrofidagi fazoda magnit strelkasini harakatga keltiruvchi qandaydir kuchlar ta’sir qiladi, degan xulosaga kelamiz.

3. Elastik simga izolyasiyalangan simdan qilingan g’altakni osib, undan tok o’tkazamiz va unga magnitni yaqinlashtiramiz (111-rasm). G’altakdan o’tayotgan tokning yo’nalishiga qarab g’altakning magnitga tortilishini yoki undan itariliщini ko’ramiz.

Tajriba magnit va tokli o’tkazgich atrofidagi fazoda tokli o’tkazgichni harakatga keltiruvchi qandaydir kuchlar ta’sir qilishini ko’rsatadi.

4. Ikkita elastik to’g’ri simni bir-birita parallel qilib vertikal ravishda o’rnatamiz. SHu simlardan tok o’tkazsak, ular bir-biriga ta’sir qiladi. Agar toklar qarama-qarshi yo’nalishlarda bo’lsa, o’tkazgichlar itarishadi (112-b rasm), toklar bir yo’nalishda bo’lsa, o’zaro tortishadi (112- a rasm).

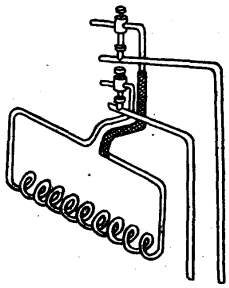


112-расм.

5. Agar metall o’tkazgichlarni suyultirilgan kislota eritmasi bilan tuldirilgan shisha nay bilan to’ldirib, unga metall sim tushirib tok o’tkazsak hamda simlarni ulanish qutblarini almashtirib tursak, nay yonida turgan magnit strelkasining holati tok yo’nalishi o’zgarishiga qarab o’zgarganligini ko’ramiz.

Demak, bu holda ham magnit strelkasiga ta’sir etuvchi kuch mavjud bo’lar ekan.

6. Amper uzun to’g’ri simdan yasalgan g’altak (solenoid) ni shunday o’rnatadiki, unga tashqi ta’sir bo’lganda erkin siljiy oladi. U solenoiddan tok o’tkazib, uning bir uchiga to’g’ri doimiy magnitning shimoliy qutbini yaqinlashtirsa, undan itariladi, janubiy qutbini yaqinlashtirsa esa yaqinlashganini, ya’ni tortilganini kuzatadi. Bu vaqtda tokli solenoid xuddi to’g’ri magnitdek ta’sirlashganligini ko’ramiz. Maydon yo’nalishini keyingi paragrafda qanday aniqlashini ko’ramiz. Tokli o’tkazgichlarning o’zaro ta’siriga o’zaro magnit ta’sir deyiladi.



113-расм.

Demak, yuqoridagi tajribalarga asoslanib, tokli o’tkazgichlar atrofidagi fazoda tokli o’tkazgichlarni harakatga keltiruvchi qandaydir kuchlar ta’sir qiladi degan xulosaga kelamiz.

Bu tajribalarning hammasi toklar o’zaro ta’sir etganda, magnit tokka yoki tok magnitga ta’sir qilganda namoyon bo’ladigan kuchlarning tabiati bir xil degan xulosaga olib keladi. Bu kuchlar magnit kuchlari deyiladi.

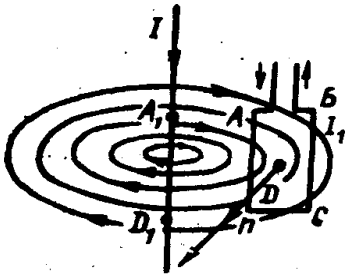
Tinch holatda turgan elektr zaryadlari atrofidagi fazoda elektr maydon hosil bo’lgani kabi, toklar atrofidagi ham tokli o’tkazgichga ta’sir etuvchi materiyaning maxsus shakli bo’lgan magnit maydon hosil bo’ladi. Mana shu magnit maydonlar magnit kuchlarining manbaidir.

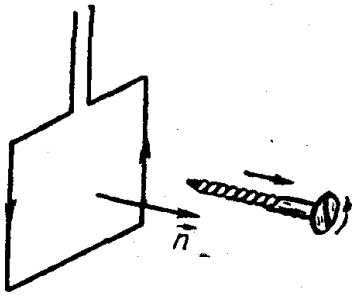
Bu o’tkazilgan tajribalardan ko’rinadiki, elektr toki, ya’ni xarakatlanayotgan elektr zaryadlari mavjud bo’lgan hamma erda magnit maydonlari ham bo’ladi. Demak, elektr toki bilan magnit maydonni bir-biridan ajratib bo’lmaydi. Magnit maydonni tok (harakatlanayotgan zaryad) hosil qiladi; magnit maydonning mavjud ekanligi tokka (harakatlanayotgan zaryadga) ta’siri orqali aniqlanadi. Bu magnit maydonning asosiy xususiyatlaridir. O’tkazgichda tok hosil bo’lgandagina magnit maydon vujudga kelganidan, tokni ko’pincha, magnit maydon manbai deb qaraladi.

Magnit maydon modda emas, balki alohida zarralardan mujassamlangan moddadan tamomila farkli ravishda materiyaning fazoda uzluksiz mavjud bo’lgan turidir.

Magnit maydon materiya bo’lgani uchun energiyaga ega. Magnit maydon energiyasi fazoda uzluksiz taqsimlangan. Tokli o’tkazgichlarning magnit maydoni cheksizlikka deyiladi, biroq masofa ortishi bilan magnit kuchlari juda tez zaiflashadi. SHuning uchun amalda magnit kuchlarining ta’sirini tokli o’tkazgichga yaqin masofalardagina sezish mumkin.

Magnit maydon induksiya vektori





Elektrostatikada biz elektrostatik maydonning xossalarini, nuqtaviy zaryad, ya’ni o’lchamlari shu maydonni hosil qilayotgan

114-расм. 115-расм.

zaryadlargacha bo'lgan masofalarga nisbatan kichik bo'lgan jismlarda to'plangan zaryad yordamida o'rgandik. Magnit maydonning xossalarini esa shu maydonning tokli berk yassi konturga ko'rsatadigan ta'siriga qarab o'rganamiz. Bunday kontur ramka deb ataladi. Bu konturning o'lchamlari magnit maydonni vujudga keltirayotgan toklar oqayotgan o'tkazgichlargacha bo'lgan masofaga nisbatan kichik bo'lishi kerak. Magnit maydonni tekshirish uchun buralish deformasiyasini seza oladigan, ingichka elastik simga osib qo'yilgan ramkadan foydalanamiz.

Tajriba, tokli ramka tokli o'tkazgich yaqiniga joylashtirilganda tokli o'tkazgich hosil qilgan magnit maydon ramkaga orientirlovchi ta'sir ko'rsatishi natijasida uni ma'lum burchakka burilishini ko'rsatadi. Masalan, uzun to'g'ri sim orqali I tok oqayotgak bo'lsin (114-rasm). Bunday sim yaqiniga keltirilgan I_1 tok o'tayotgan ABCD ramka burilib, sim orqali o'tuvchi A_1—$ABCDD_1$ tekislik bo'ylab joylashgan. Bunda ramkaning orientirlanishi undagi tokning yo'nalishiga bog'liq bo'ladi, ramkadagi I_1 tokning yo'nalishi o'zgarganda ramka 180° ga buriladi. Ramkaning magnit maydonda muayyan tarzda orientirlanish hodisasi magnit maydonning o'zi ham yo'nalishga ega ekanligini bildiradi. Demak, magnit maydonni xarakterlaydigan kattalik vektor bo'lishi va bu vektorning yo'nalishi ramka yoki magnit strelkasi egallaydigan yo'nalishga bog'liq bo'lishi kerak. Magnit maydonni xarakterlaydigan bu vektor kattalik magnit induksiya vektori deb ataladi. Magnit induksiya vektorining ramka turgan joydagi yo'nalishi uchun ramka tekisligiga o'tkazilgan normalning musbat joylashadigan yo'nalishi qabul qilingan. Normalning uchidan qaralganda ramkadagi tok soat strelkasi harakatiga teskari yo'yalgan holda ko'rinsa (115-rasm), bu yo'nalishni normalning musbat yo'nalishi deb qabul qilinadi. Boshqacha aytganda, normalning musbat yo'nalishi qilib parma dastasining harakat yo'nalishi ramkadan oqayotgan tokning yo'nalishi bilan mos bo'lgan parma (o'ng vint)ning ilgarilanma harakat yo'nalishi qabul qilingan.

Maydon ta'sirida ramkaning orientirlanishi magnit maydonda ramkaga juft kuch ta'sir qilishini ko'rsatadi. Tajriba bu juft kuch momentining kattaligi magnit maydonni vujudga keltirayotgan toklarga va ularning vaziyatiga, shuningdek, ramkaning xossalariga: o'lchamlari, orientirlanishi va undan o'tayotgan tok kuchiga bog'liq ekanligini ko'rsatadi.. Ma'lum kattalikdagi tok o'tayotgan ramkaga o'tkazilgan normal, magnit maydon bo'ylab yo'nalganda ramkaga ta'sir qilayotgan juft kuch momenti nolga teng bo'ladi. Ramkaga o'tkazilgan normal magnit maydonga perpendikulyar yo'nalganda esa juft kuch momenti maksimal qiymatga erishadi.

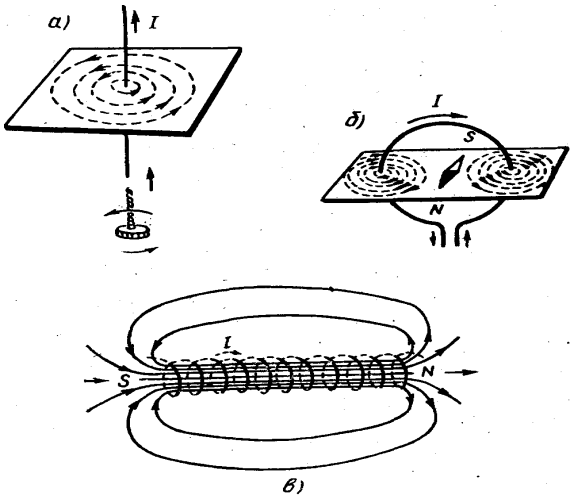
Tajribada juft kuchlar momentining maksimal qiymati $M_{\max}$ ramkadagi I tok kuchiga hamda ramkaning S yuziga proporsional ekanligiga ishonch hosil qilish oson, ya'ni

$$M_{\max} \sim IS$$

Tajribada topilgan bu asosiy faktdan magnit maydonni miqdoriy jihatdan xarakterlash uchun foydalanish mumkin. Haqiqatan ham

$$B = \frac{M_{\max}}{IS} \qquad (4.1)$$

nisbat ramkaning xossalariga bog'liq bo'lmay fazoning aniq bir nuqtasida magnit maydonni xarakterlaydi. Bu kattalik magnit maydon induksiya vektori deb ataladi.



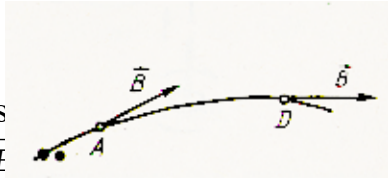
Bu kattalik $\vec{B}$ harfi bilan belgilanadi. Kuch momenti kuch bilan elkaning ko'paytmasiga teng ekanligini hisobga olsak, bu formulani kuch orqali ifodalashimiz mumkin bo'ladi va $B = \frac{F}{Il}$ ko'rinishini oladi. Agar o'tkazgichning dl elementar qismini olsak, uning hosil qilgan maydon induksiyasi ham elementar bo'lib quyidagicha ifodalanadi:

$$dB = \frac{dF}{Il}$$

Magnit maydon induksiya vektori magnit maydonni to'liq tavsiflaydi, chunki fazoning har bir nuqtasi uchun bu vektorning son qiymati va yo'nalishini topish mumkin.

SI sistemasida magnit maydon induksiya birligi qilib shunday magnit maydonning induksiyasi qabul qilinadiki, bu maydonda yuzi 1 m^2 bo'lgan ramkadan 1 A tok o'tganda ramkaga maydon tomonidan 1 $H \cdot м$ moment bilan ta'sir ko'rsatiladi. Magnit maydon induksiyasining bu birligi Tesla sharafiga tesla (Tl), deb ataladi. SHunday qilib,

$$1B = \frac{1H \cdot м}{1A \cdot м^2} = 1\frac{H}{мA} = 1тесла = 1Тл$$



116-расм.

Elektr maydonning kuch xarakteristikas bo'lib maydon kuchlanganligining $\vec{E}$ vektori hisoblansa, magnit induksiya $\vec{B}$ vektori magnit maydonning kuch xarakteristikasi bo'lib hisoblanadi.

Elektrostatikada elektrostatik maydon kuchlanganlik chiziqlari orqali tasvirlangani kabi magnit maydonni ham magnit maydon induksiya chiziqlari orqali tasvirlash mumkin.

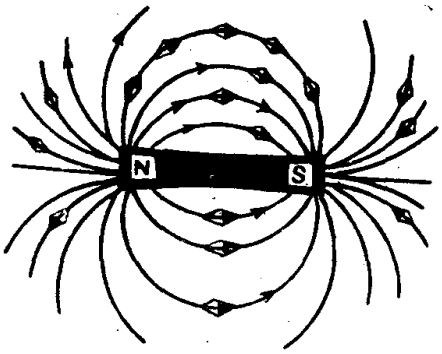
Magnit maydon induksiya chiziqlari deb shunday chiziqlarga aytiladiki, ularga o'tkazilgan urinmalar maydonning har bir nuqtasida $\vec{B}$ vektor bilan bir xil yo'nalgan bo'ladi (116-rasm).

Parma koidasidan foydalanib, turli xususiy xollarda magnit maydon kuch chiziqlarining manzarasini aniqlashimiz mumkin. Misol tariqasida tokli to'g'ri o'tkazgichning magnit maydon uchun magnit induksiya chiziqlarini yasaymiz: agar parmaning ilgarilanma harakatini tok bilan bir xil yo'naltirsak, u holda parma dastasining aylanish yo'nalishi magnit induksiya chiziqlarining yo'nalishini ko'rsatadi (117-a rasm).

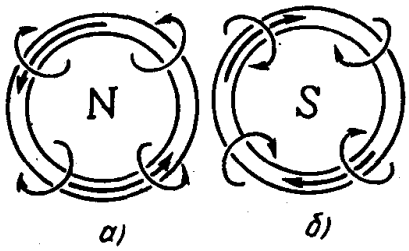
To'g'ri tok magnit maydonining induksiya chiziqlari markazlari o'tkazgich o'qida joylashgan konsentrik aylanalardan iborat bo'lib, bu aylanalar o'tkazgich o'qiga perpendikulyar tekislikda yotadi. Aylanalarga o'tkazilgan strelkali chiziqlar mazkur kuch chiziqlariga urinma bo'lgan $\vec{B}$ induksiya vektorining yo'nalishini

ko’rsatadi. Elektr maydon kuchlanganligining chiziqlari kabi magnit induksiya chiziqlari shunday o’tkaziladiki, ularning zichligi magnit maydon induksiya vektorining shu joydagi qiymatini xarakterlaydi.

YUqorida ko’rsatilgan usul bilan aylanma tokning (117-b rasm), solenoid (tokli g’altak) ning (117-v rasm) va toroid (markazlari aylana bo’ylab joylashgan bir xil aylanma toklar sistemasi) ning (117-g rasm) magnit induksiyasi chiziqlarining manzarasini aniqlash mumkin. Solenoidning ichki qismida magnit maydonni bir jinsli deyish mumkin. Toroidning magnit maydoni faqat uning ichki qismida mujassamlangan bo’ladi.



118-расм.



119-расм.

Solenoidning magnit maydoni (solenoid tashqarisidagi maydon) bilan doimiy magnit maydoni orasida o’xshashlik bor (118-rasm). SHartli ravishda kuch chiziqlari g’altakning bir uchidan chiqib, ikkinchi uchiga kiradi, deb hisoblash mumkin. Doimiy magnitning kuch chiziqlari chiqadigan uchi magnitning shimoliy qutbi (bu qutb N harfi bilan belgilanadi), kuch chiziqlari kiradigan ikkinchi uchi esa janubiy qutbi (bu qutb S harfi bilan belgilataadi) deb ataladi. Tokli har qanday g’altakning ham ikkita magnit qutbi bo’ladi (117-v rasmga qarang). G’altak o’ramlaridagi tokning yo’nalishi ma’lum bo’lsa, magnit qutblarini parma qoidasi aso-sida aniqlash mumkin.

G’altakning bir uchiga qaralganda g’altak o’ramlaridagi tok soat strelkasi harakatyaga teskari yo’nalishda oqadigan bo’lib ko’rinsa, g’altakning bu uchi shimoliy qutb bo’ladi (119-a rasm). G’altakning ikkinchi uchi janubiy qutb bo’lib, uning bu uchiga qaralganda tok g’altak o’ramlaridan soat strelkasi harakati yo’nalishida oqadi (119-b rasm). G’altakning qutblarini o’zgartirish uchun undagi tokning yo’nalishini o’zgartirish kifoya. Ayni bir aylanma tok ikki qarama-qarshi tomondan (bir tomondan qaraganda soat strelkasi harakati bo’yicha, ikkinchi tomondan unga qarama-qarshi oquvchi tok sifatida) ta’sir etadi. Bu magnit qutblari faqat juft holda mavjud bo’lishini va biror usul bilan bitta qutb hosil qilish mumkin emasligini bildiradi.

Tokli o’tkazgichlarning atrofida magnit maydon mavjud ekanligini temir kukunlar yordamida aniqlash mumkin. Magvit maydonda temir kukunlarini tashkil qilgan temir parchalari kichkina magnit strelkalari vazifasini bajaradi. Magnit maydonga joylashtirilgan magnit strelka shunday vaziyatni oladiki, bu vaziyatda uning o’qi (qutblardan o’tuvchi yo’nalish) shu strelka joylashgan nuqtadagi maydon yo’nalishi bilan moc tushadi. SHuning uchun magnit maydonga kiritilgan temir kukunlarining joylashishi maydonning xarakterini ko’rsatadi.

Magnit induksiyasi chiziqlarining muhim xususiyati shundan iboratki, ularning boshlanishi ham oxiri ham bo'lmaydi. Ular hamisha berk bo'ladi.

Nazorat savollari.

1. Doimiy magnitni tushuntirib bering?
2. Magnit maydon deganda nimani tushunasiz?
3. Magnit maydon induktsiya vektori deganda nimani tushunasiz?
4. Tok elementi deganda nimani tushunasiz?
5. Toklarning magnitli o'zaro ta'sirlashuvi deganda nimani tushunasiz?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

21-maruza. Magnit maydon kuchlanganligi. Bio-Savar-Laplas qonuni. Harakatlanayotgan zaryad va tokli o'tkazgich atrofidagi magnit maydon. To'g'ri tok va aylanma toklarning magnit maydon kuchlaganligini hisoblash. Solenoidning o'qi bo'ylab magnit maydon kuchlanganligini taqsimlanishi. Parallel toklarning o'zaro magnit ta'siri. Tok kuchining birligi-Amper.

Reja:

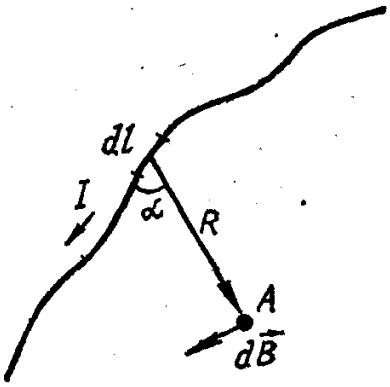
1. Magnit maydon kuchlanganligi. Bio-Savar-Laplas qonuni.
2. Harakatlanayotgan zaryad va tokli o'tkazgich atrofidagi magnit maydon.
3. To'g'ri tok va aylanma toklarning magnit maydon kuchlaganligini hisoblash.

Bio-Savar-Laplas qonuni va uning qo'llanishi

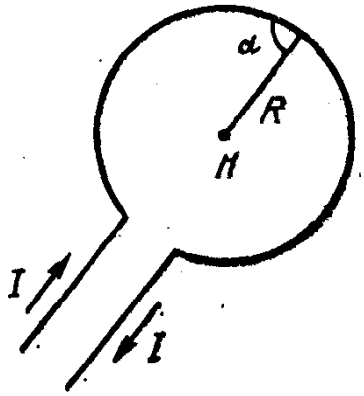
Bio va Savar o'zgarmas tok o'tayotgan o'tkazgich atrofida magnit maydon borligini payqab Ersted tajribasida magnit strelka (kompas) qutblariga parallel sim o'rnatib tok yuborganda, magnit strelkaning burilishi hamda konsentrik aylana vatar chiziq bo'ylab o'rnashishlari asosida magnit maydon va uning ta'sirini chuqur o'rgandilar.

Vakuumda olingan har qanday ixtiyoriy shakldagi o'tkazgichning dl qismiga to'g'ri kelgan Idl tok elementining (120-rasm) undan R uzoqlikdagi A nuqtada magnit maydon induksiyasi dV, shu tok elementi Idl ga va tok yo'nalishi bilan

radius-vektor yo'nalishi orasidagi α burchakning sinusiga to'g'ri proporsional bo'lib, masofa R ning kvadra-tiga teskari proporsional, ya'ni



120-расм.



121-расм.

$$dB = k\frac{Idl}{R^2}\mu_0 \sin\alpha \qquad (4.2)$$

Bu erda k-proporsionallik koeffisienti, SI sistemada $k = \frac{1}{4\pi}$. Vektor ifodasi

$$d\vec{B} = k\mu_0 \frac{I\left[\vec{dl}\cdot\vec{R}\right]}{R^3} \qquad (4.2a)$$

bo'ladi. $\mu_0 = 4\pi\cdot 10^{-7}\frac{Гн}{м}$-magnit doimiylik yoki vakuum uchun absolyut magnit singdiruvchanlik.

Amalda yolg'iz olingan tok elementi Idl ni alohida ajratib olib bo'lmaydi (tok faqat berk zanjirdagina bo'ladi), shu sababli olingan o'tkazgichning shakli uchun bu qonunni integrallab, chiqqan xususiy ifodalarni tajribada tekshirish mumkin.

Eng oddiy magnit maydon induksiya vektorlarini hisoblash.

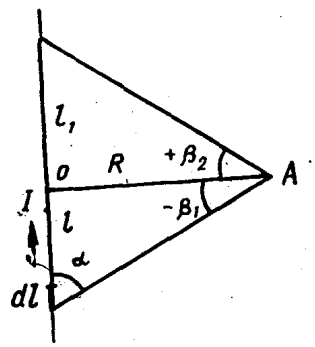
1. Tokli o'tkazgich aylana shaklda bo'lsa (121-rasm), uning markazidagi $\vec{B}$ ni tubandagicha. hisoblash mumkin. Aylananing hamma nuqtalari uchun α=90° bo'lib, sinα=1, I va R esa doimiy kattaliklar, dl ning o'zgarish chegarasi 0° dan 2lR gacha, bu xol uchun

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\int_0^{2\pi R}\frac{I\,dl\sin\alpha}{R^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}\int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu_0 I}{2R} \qquad (4.3)$$

SI sistemada muhit uchun

$$B = \mu\mu_0\frac{I}{2R} \qquad (4.3a)$$

2. Juda uzun to'g'ri chiziq sim orqali I tok o'tganda undan eng qisqa R uzoqlikdagi nuqtada magnit maydon induksiya vektori, ya'ni hamma dl elemetlar hosil qilgan magnit maydon induksiya



122-расм.

vektorlar yig'indisini topaylik. Buning uchun 122-rasmdan foydalanamiz.

O'tkazgich uzunligi $l+l_1$ bo'lib, $l=l_1$ deb olsak, $\angle\beta_1=\angle\beta_2$ bo'ladi.

$R=r\ \cos\beta$, bundan $r=\dfrac{R}{\cos\beta}$ va $\dfrac{l}{R}=tg\beta$ va $l=R\ tg\beta$ bo'lib, bundan

$dl=\dfrac{R}{\cos^2\beta}\ d\beta$. Rasmdan yana $\sin\alpha=\dfrac{R}{r}$ va $\cos\beta=\dfrac{R}{r}$ demak, $\sin\alpha=\cos\beta$. Bu olingan tenglamalar hisobga olinsa, uzunligi cheksiz bo'lgan o'tkazgich elementlari hosil qilgan induksiya dB larning yig'indisi, ya'ni

integrali $$B=\frac{\mu_0}{4\pi}\int_{-\beta_1}^{\beta_2}\frac{I\sin\alpha}{r^2}dl=\frac{\mu_0 I}{4\pi}\int_{-\beta_1}^{\beta_2}\frac{R\cos\beta d\beta}{\frac{R^2}{\cos^2\beta}\cdot\cos^2\beta}=\frac{\mu_0 I}{4\pi R}(\sin\beta_2+\sin\beta_1)$$

Juda uzun sim uchun $l+l_1$>>R va $\beta_1=\beta_2=\dfrac{\pi}{2}$ desak,

$$B=\mu_0\frac{I}{2\pi R} \qquad (4.4)$$

SHu kabi hisoblashlarda, aylana tok o'qidagi A nuqtadagi induksiya vektori:

$$B=\mu_0\frac{IR^2}{2(R^2+d^2)^{3/2}} \qquad (4.5)$$

Aylana markazi uchun d= 0 deganda yuqoridagi (4.5) dan chiqadi.

$$B=\frac{\mu_0 I}{2R} \qquad (4.3)$$

Bio-Savar-Laplas qonunidan yuqoridagi hisoblash bilan chiqqan magnit maydon induksiyasining ifodalarini tajriba orqali amaliy tekshirish natijalari tokning Idl elementi uchun taklif etilgan qonunning to'g'ri ekanligini tasdiqlaydi.

3. Solenoid ichida magnit maydon induksiya vektori:

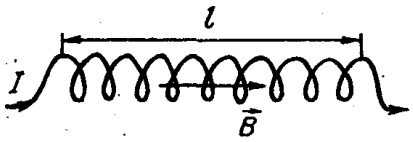
$$B=\mu_0 I\frac{N}{l}=\mu_0 In \qquad (4.6)$$

bunda I — solenoiddan o'tayotgan tok kuchi, $n=\dfrac{I}{l}$ solenoidning birlik uzunligiga to'g'ri keluvchi o'ramlar soni, l—solenoidning uzunligi, N—barcha o'ramlar soni (123-rasm).

4. Toroidning magnit maydon induksiya vektori:

$$B=\mu_0 nI=\mu_0 I\frac{N}{l}=\frac{\mu_0 NI}{2\pi R} \qquad (4.7)$$

bunda I — toroiddagi tok kuchi, N—barcha o'ramlarning soni, R — toroidal halqaning radiusi (117-g rasmga qarang).



123-расм.

Toroidning ichida magnit maydon bir jinsli emas, chunki toroidning turli kesimlarida magnit maydon induksiya vektorining yo'nalishi turlicha. SHuning uchun butun toroid maydonining bir jinsliligi haqida gapipilganda

magnit maydon induksiya vektorining moduli nazarda tutiladi.

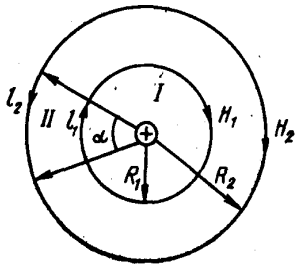
Bu ko'rilgan hollarda magnit maydon induksiya vektorlari faqat vakuum uchun qarab chiqildi. Agar bu ifodalarni muhit uchun yozsak, barcha hisoblash formulalarining o'ng tomonini muhitning magnit singdiruv-chisi (μ) ga ko'paytirishimiz kerak.

Magnit maydon kuchlanganligi. To'la tok qonuni

Yuqorida ko'rib o'tdikki, magnit maydon induksiya chiziqlari berk egri chiziqdan iborat ekan, tokning o'zaro ta'siri esa ular joylashgan muhitga bog'liq. Magnit maydon induksiyasidan tashqari uni xarakter-lovchi yangi fizik kattalik—magnit maydon kuchlanganligi bilan tanishib chiqaylik. Muhitning ixtiyoriy nuqtasidagi magnit maydonni xarakterlovchi maydon induksiya vektoridan tashqari uni magnit maydon kuchlanganlik vektori deb nomlanuvchiikkinchi fizik kattalik mavjud bo'lib, ular o'zaro quyidagicha bog'langan.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu\mu_0} \qquad (4.8)$$

bunda μ — muhitning nisbiy magnit singdiruvchanligi, Magnit maydon bir jinsli muhitda qaralayotgan bo'lsa, magnit maydon kuchlanganligi muhitning magnit xususiyatiga bog'liq bo'lmasdan, konturning shakliga, undan o'tayotgan tok kuchiga va muhitning qaysi nuqtasidagi magnit maydonni o'rganayotganimizga bog'liqdir.



124-расм.

Bu holatda magnit maydon induksiya vektorini hisoblash uchun keltirib chiqarilgan ifodadan to'liq foydalanishimiz (tenglikni o'ng tomonini $\mu\mu_0$ ga bo'lib yuborgan holatda) mumkin.

Magnit maydon kuchlanganligining muhim xususiyatini o'rganish uchun bir jinsli muhitda cheksiz uzun o'tkazgich orqali tok o'tayotgan bo'lsin (124-rasm). Tok chizma tekisligiga tik ravishda o'tayotgan bo'lsin. Magnit maydon kuchlanganlik sirkulyasiyasini quyidagi ikki kontur uchun hisoblaylik.

1. Aylana markazidan tok o'tayotgan holda uni R_1 radiusli aylana bo'yicha magnit maydon kuchlanganligi sirkulyasiyasi (G) ni hisoblaylik. Bunda integrallashni magnit maydon kuchlanganligining yo'nalishida olish qulay, ya'ni

$$\Gamma = \oint_l \vec{H}\,\vec{dl} = \oint_l H_l\,dl = H\oint_l dl = \frac{I}{2\pi R_1}\cdot 2\pi R_1 = I$$

Bu ifodada magnit maydon kuchlanganligi o'rniga to'g'ri tokning magnit maydon kuchlanganlik ifodasini kuy-dik. Demak, magnit maydon kuchlanganligini bilmagan xolimizda xuddi shu kabi sirkulyasiya orqali maydon kuchlanganligini hisoblashimiz mumkin.

2.Konturni shunday tanlab olamizki, uning ichidan tok o'tmasin. Buning uchun R_1 va R_2 radiusli konsentrik aylana markazidan to'g'ri tok o'tayotgan bo'lsin. SHu aylanalarning yoylaridan iborat II konturni olib, birinchi holdagidek magnit maydon kuchlanganligining sirkulyasiya (G) sini hisoblaylik:

$$\Gamma = H_1 l_1 - H_2 l_2 = \frac{I}{2\pi R_1}\alpha R_1 - \frac{I}{2\pi R_2}\alpha R_2 = 0$$

Bu ikkala tenglama ham umumiy xarakterga ega bo'lib, to'la tok qonunini ifodalaydi. Bu qonun har qanday muhit uchun ham o'rinli bo'lib: magnit maydon kuchlanganligi vektorining sirkulyasiyasi integrallash. konturi ichida mavjud bo'lgan tok kuchlarining algebraik yig'indisiga teng:

$$\oint_l \vec{H}\,\vec{dl} = \sum_{k=1}^{n} I_k \qquad (4.9)$$

Bu ifodada integral ostidan $\vec{H}$ ni chiqarib yuborishimiz mumkin emas, chunki birinchi olgan misolimizda ham aylana ichida maydon kuchlanganlik moduli bir xil qiymatga ega emas. $\vec{H}$ bilan $\vec{B}$ (4.8) bog'lanishda bo'lganidan, bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tishda maydon kuchlanganligining normal тащkil etuvchisi uzilishga ega bo'ladi:

$$\left|\frac{H_{1n}}{H_{2n}}\right| = \frac{\mu_2}{\mu_1}$$

Demak, magnit maydon kuchlanganlik chizig'i boshlanishi va tugashi mumkin. SHuning uchun magnit maydon kuchlanganligining uyurmali xarakterdaligi xususiydir.

Tok kuchi fazoda ma'lum tok kuchi zichligi bo'yicha taqsimlangan bo'ladi. SHuning uchun tula tok qonunini quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\sum I \sum_{k=1}^{n} I_k = \int_S \vec{j}\, dS \qquad (4.9a)$$

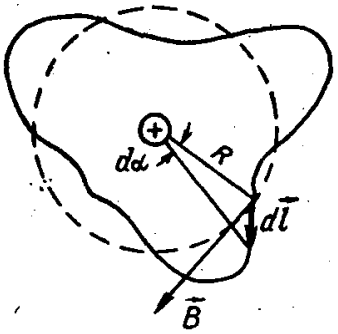
yoki bundan ham aniqroq:

$$\oint_l \vec{H}\,\vec{dl} = \int_S \vec{j}\, dS \qquad (4.9b)$$

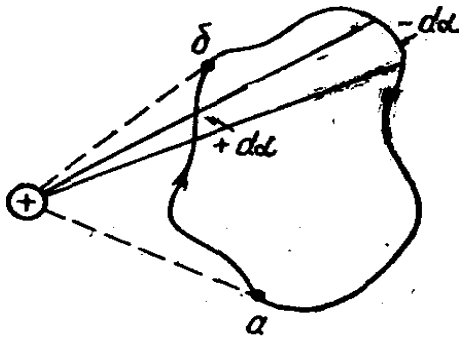
ya'ni ma'lum bir kontur bo'yicha olingan magnit maydon kuchlanganlik vektori sirkulyasiyasi shu konturga tayanib turuvchi ixtiyoriy yuzadan o'tadigan toklarning (algebraik) yig'indisiga teng.

Fizika fanining rivojlanishidan ma'lum bo'ldiki, magnit va elektr maydon kuchlanganliklari har xil xarakterdadir. Elektr maydon kuchlanganligi uyurmali xususiyatga ega emas, magnit maydon kuchlanganligi elektrostatistik maydon induksiyasi kabi xususiyatga ega.

Magnit maydon induksiya vektorining uyurmali xarakteri



125- расм.



126- расм.

Elektrostatikadan ma'lumki, elektr maydon kuchlanganlik vektori musbat

zaryaddan boshlanib manfiy zaryadda tugar, ya'ni boshlanishi ham, oxiri ham bor edi. -Magnit maydon induksiya chiziqlari tutash bo'lganligi uchun uning boshlanishi ham, tugash nuqtasi ham yo'q. SHuning uchun magnit maydon induksiyasi uyurmali xarakterga ega deyiladi. Bunga iqror bo'lish uchun to'g'ri tokni o'rab turgan ixtiyoriy kontur olib, undagi magnit maydon induksiya vektori $\vec{B}$ ni hisoblaylik.

$\oint Bdl$ Olingan konturga nisbatan tok tik holatda o'tayotgan bo'lsin (125- rasm). YUqorida ko'rdikki, konturning har bir olingan nuqtasiga magnitmaydon induksiya vektori urinma ravishda yo'nalgan bo'ladi. U vaqtda $B_l dl$ l skalyar ko'paytmani Bdl_B bilan almashtiramiz, bunda $dl_B - \vec{dl}$ vekto-rining induksiya vektoriga proeksiyasidir. CHizmadan ko'rinadiki, $dl_B = Rd\alpha$, to'g'ri tokning magnit maydon induksiyasi $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$ ekanligini hisobga olsak,

$$B_l dl = Bdl_B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} Rd\alpha = \mu_0 \frac{I}{2\pi} d\alpha$$

hosil bo'ladi. Bu ifodani berk kontur uchun yozsak,

$$B_l dl = \mu_0 \frac{I}{2\pi} \int d\alpha \qquad (4.10)$$

Konturni ifodalovchi radial to'g'ri chiziq (radius) har doim bir xil yo'nalishda bo'lgani uchun $\oint d\alpha = 2\pi$ bo'ladi. U vaqtda:

$$\oint B_l dl = \mu_0 I \qquad (4.11)$$

Agar tok konturdan tashqarida olinsa, 126-rasmdan ko'rinadi-ki, ab oraliqda radial to'g'ri chiziq bir yo'nalishda, b, a oraliqda esa unga teskari yo'nalishda harakatlanadi. Natijada $\oint d\alpha = 0$ bo'ladi.

Kontur har qanday shaklga ega bo'lganda ham uning ichidan tok o'tsa, (4.11) o'rinli bo'ladi.

(4.11) ifoda tok har qanday shaklda bo'lganda ham o'rinlidir. Agar kontur o'z ichiga bir nechta tokni olsa, magnit maydon vektorining sirkulyasiyasi har bir tok hosil qilgan maydon induksiya vektorlarining algebraik yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\oint B_l dl = \mu_0 \sum_{k=1}^{n} I_k = \mu_0 I \qquad (4.12)$$

Tok yo'nalishini aniqlashda parma koidasidan foydalaniladi. YA'ni kontur bo'yicha harakat o'ng parma koidasiga moc kelsa, tok yo'nalishini musbat, aks holda manfiy deb olinadi. Yuqorida ko'rib o'tilgan qonun-koidalar faqat vakuum uchun o'rinlidir. Muhitda bo'lsa, uning ichida hosil bo'luvchi molekulyar tokni ham hisobga olish zarur bo'ladi.

Agar yuqorida ko'rganimizdek, elektrostatik maydon kuchlanganlik vektori sirkulyasiyasi nolga teng bo'lib, elektrostatik maydon potensial xarakterda edi. Magnit maydon induksiya vektorining sirkulyasiyasi esa agar tok qaralayotgan kontur ichidan o'tayotgan bo'lsa, noldan farqlidir. Shuning uchun bunday xossaga ega bo'lgan maydonga uyurmali xarakterdagi maydon deyiladi.

(4.11) va (4.12) ifodalarni magnit maydon kuchlanganlik vektori uchun yozsak,

quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

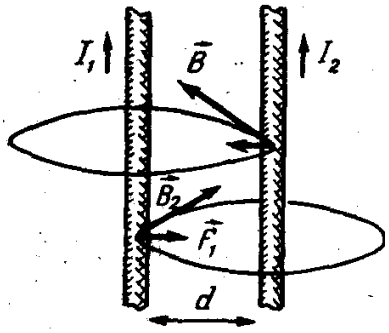
$$\oint H_l dl = I\,,$$

$$\oint H_l dl = \sum_{k=1}^{n} I_k$$

Bu ifodalar magnit maydon kuchlanganlik vektorining sirkulyasiyasi haqidagi teoremani ifodalaydi: ma'lum bir kontur bo'yicha olingan magnit maydon kuchlanganlik vektorining sirkulyasiyasi shu kontur ichida mavjud bo'lgan makroskopik toklarning algebraik yig'indisiga teng.

Parallel toklarning o'zaro ta'siri. Tok kuchi birligi-amper

Amper qonunidan foydalanib, vakuumda o'zaro parallel joylashgan ikkita cheksiz uzun to'g'ri o'tkazgichdan tok o'tganda ular orasida vujudga keladigan o'zaro ta'sir kuchlarining ifodasini topish mumkin (132-rasm). o'tkazgichlardan o'tayotgan tok kuchlari I_1 va I_2, ular orasidagi masofa d bo'lsin.



132-расм.

I_1 tokning magnit maydoni I_2 tokning l uzunlikdagi qismiga qanday kuch bilan ta'sir etishini ko'rib chikamiz. Buning uchun I_1 tokning magnit maydoni induksiya vektorining chiziqlari konsentrik aylanalardan iborat ekanligini va agar I_1 tok pastdan yuqoriga oqayotgan bo'lsa, ikkinchi o'tkazgich ustida yotgan nuqtalarda $\vec{B}_1$ vektor (parma koidasiga binoan) kitobxondan yo'nalgan ekanligini qayd qilib o'tamiz. Bu magnit induksiya vektori son jihatidan Bio-Savar-Laplas qonuniga asosan

$$B_1 = \mu_0 \frac{I_1}{2\pi d}\,. \qquad (4.20)$$

Birinchi tokning magnit maydoni tomonidan ikkinchi tokka ko'rsatiladigan F_2 ta'sir kuchi kattalik jihatidan, Amper qonuniga muvofiq quyidagiga teng bo'ladi:

$$F_2 = B_1 I_2 l\,,$$

bunda sinα=l, chunki $\vec{B}_1$ vektor I_2 tok yo'nalishiga perpendikulyar, ya'ni α=90°. Bu formulaga asosan yuqoridagi $\vec{B}_1$ ning (4.20) qiymatini keltirib qo'yib, F_2 kuch uchun quiidagi munosabatni hosil qilamiz;

$$F_2 = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi d} l \qquad (4.21)$$

Xuddi shunday mulohazalarga asoslanib, I_2 tok va I_1 tokning l qismi atrofida hocil qiladigan $\vec{B}_2$ induksiya vektori chizma tekisligiga perpendikulyar va chizma orqasiga yo'nalgan holda I_1 tokning l qismi I_2 tokka tortiladi, deb aytish mumkin. Bu tortishish kuchining kattaligi

$$F_1 = \mu_0 \frac{I_2 I_1}{2\pi d} l \qquad (4.21a)$$

ga teng ekanligini isbot qilish mumkin (bu isbotni bajarishni kitobxonga havola qilamiz).

SHunday qilib, bir tomonga oqayotgan ikki parallel tok bir-biriga tortishadi va bu tortishish kuchlari o'zaro teng, degan xulosaga kelamiz. (4.21) formuladan ko'rinadiki, parallel toklar o'zaro har bir tokning l uzunligiga tok kuchlarining ko'paytmasiga to'g'ri pro-porsional va ular orasidagi masofaga teskari proporsional bo'lgan kuch bilan ta'sir qiladi.

Xuddi shunga o'xshash tekshirishlar qarama-qarshi tomonlarga yo'nalgan ikkita parallel toklar bir-biri-dan ita rilishini va bu itarishish kuchining son qiymati ham (4.21) formula bilan ifodalanishini ko'rsatadi.

(4.21) formula SI sistemada asosiy birliklardan biri bo'lgan tok kuchi birligi amper (A) ning ta'rifiga asos qilib olingan.

Amper-vakuumda bir-biridan 1 m masofada joylashgan ikkita cheksiz uzun parallel o'tkazgichlarning har biridan bir xil miqdorda tok o'tganda o'tkazgichlar orasida ularning har bir metr uzunligiga $2\cdot10^{-7}\,H$ ga teng o'zaro ta'sir kuchi vujudga keltiradigan tok kuchidir.

SHunday o'tkazgichlar 132-rasmda tasvirlangan deb hisoblaymiz. U holda

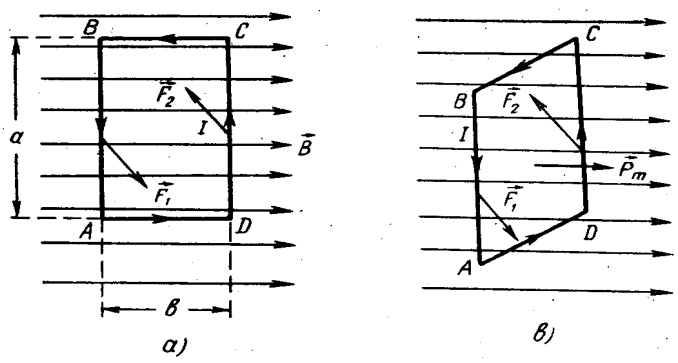
$$I_1 = I_2 = 1A,\ d = 1м,\ l = 1м,\ F = 2\cdot10^{-7}H$$

Bu qiymatlarni (4.21) formulaga keltirib qo'yib μ_0 magnit doimiysining son qiymatini topamiz:

$$\mu_0 = \frac{2\pi Fd}{I_1 I_2 l} = 2\pi\frac{2\cdot10^{-7}\cdot1}{1\cdot1\cdot1} = 4\pi\cdot10^{-7}\frac{H}{A^2}$$

Magnit maydonga kiritilgan tokli ramka

Ma'lumki, magnit maydondagi tokli o'tkazgichga magnit maydon tomonidan amper kuchi ta'sir qiladi. Magnit maydonning tokli ramka (tokli yassi kontur) ga ta'siri amalda muhim rolh o'ynaydi. I tok o'tayotgan ABCD to'g'ri burchakli ramka bir jinsli magnit maydonda joylashtirilgan bo'lsin. Agar magnit induksiya vektori kontur tekisligiga parallel yo'nalgan bo'lsa, (4.19) formulaga asosan (sinα=0 bo'lganligi uchun), uning AD a VS tomonlariga kuch ta'sir ilmaydi (133-a rasm). amkaning AV tomoniga mper qonuniga asosan, asmdan kitobxonga qarab o'nalgan F_1 kuch, CD omonga esa aksincha, itobxondan rasm tomonga tik o'nalgan F_2 kuch ta'sir etadi. AV tomonining uzunligi a ga teng bo'lsa, bu tomonga ta'sir etuvchi kuch quyidagicha bo'ladi:



133-расм.

$$F_1 = IBa$$

Ammo F_1 va F_2 kuchlar son jihatdan teng, lekin qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. Bunday hosil bo'lgan F_1 va F_2 kuchlarga juft kuchlar deyiladi. SHunday qilib,

ramkaning AV va CD tomonlariga juft kuchlar ta’sir qilar ekan. Juft kuchlarning yo’nalishiga e’tibor berar ekanmiz, quyidagilarni ko’ramiz: juft kuchlar ta’sirida ramka tekisligi magnit maydon induksiyasi chiziqlariga perpendikulyar ravishda shunday joylashishga intiladiki, biz magnit maydon yo’nalishi bo’ylab qarasak, ramkadagi tok soat strelkasi harakati yo’nalishi bo’ylab okayotgan bo’ladi. Boshqacha qilib aytganda, tokli ramka magnit maydonda shunday vaziyatni egallashga intiladiki, bunda ramkadagi tokning ramka o’qida hosil qiladigan magnit maydon induksiyasi tashqi magnit maydon induksiyasi bilan bir xil yo’nalgan bo’ladi (133-b rasm).

Ramkaga ta’sir etuvchi juft kuchlarning momenti quyidagiga teng:

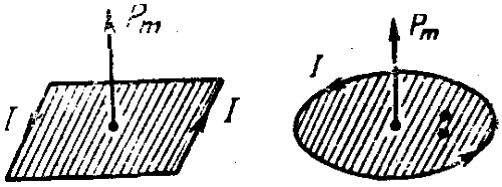
$$M = Fb = IBab$$

bunda b — ramkaning VS tomonining uzunligi.

Ramkadan oqayotgan tok kuchi bilan ramka yuzining ko’paytmasi ramkaning magnit momentiga teng ekanligini yuqorida ko’rgan edik. Ramkaning yuzi S=ab ekanligini e’tiborga olsak, u holda quyidagini yozish mumkin:

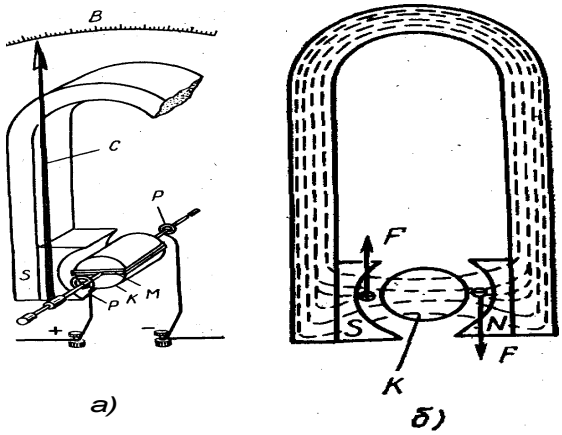
$$M = p_m B \qquad (4.22)$$

$p_m = IS$ — magnit momenti, vektor kattalik bo’lib, u kontur tekisligiga o’tkazilgan musbat normalh bo’yicha yo’nalgan. Tajribalarning ko’rsatishicha, magnit momentining son qiymati konturdan o’tayotgan tok kuchi bilan uning kattaligiga bog’liq bo’lib, konturning shakliga bog’liq emas (134-rasm).



134-расм.

SHunday qilib, magnit maydonga kiritilgan



135-расм.

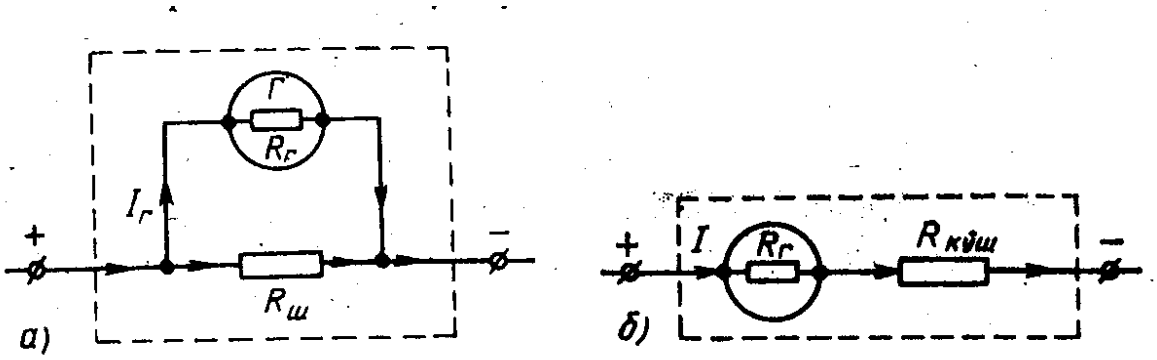
tokli ramkaga magnit momentiga proporsional bo’lgan juft kuchlar momenti ta’sir qiladi va bu kuch momenti ramkani uning tekisliki maydonga perpendikulyar joylashadigan qilib buradi. Ramkaning magnit momenti esa o’z navbatida undan o’tayotgan tok kuchiga proporsionaldir. Bu holdan magnitoelektr sistemadagi elektr o’lchov asboblarining tuzilishida foydalaniladi.

135-rasmda g’altagi aylanadigan galhvanometrning tuzilishi ko’rsatilgan. Kuchli po’lat magnitning qutblari orkasiga K temir silindr bilan o’nga kiydirilgan engilgina M alyuminiy ramka joylashtirilgan. Bu ramkaga izolyasiya qilingan ingichka

simdan g’altak o’ralgan. Ramka ikkita yarim ukka maxkamlangan: oldingi yarim o’q aylangan vaqtda V shkala bo’ylab yuradigan S strelka bilan bog’langan. G’altakli ramkani ma’lum vaziyatda ikkita R spiralh prujina tutib turadi. O’lchanadigan tok g’altakka R prujinalar va yarim o’q orqali beriladi. G’altakdan tok o’tayotganda g’altak magnit maydonda buriladi, bunda prujinalar buraladi, bu hol S strelka yordamida V shkalada o’z aksini topadi. Tok qancha kuchli bo’lsa, ramkaning burilish burchagi ham shuncha katta bo’ladi.

Bu sistemadagi galhvanometrlar juda sezgir, juda aniq va shkalasining bo’limlari orasi bir-biriga teng bo’ladi. G’altakdan. o’tayotgan tokning yo’nalishi o’zgarganida ramkaning aylanish yo’nalishi ham o’zgaradi, shuning uchun magnit elektr asboblar o’zgaruvchan toklarni o’lchash uchun yaramaydi.

Galhvanometrning g’altagiga katta qarshilik ketma-ket qilib ulansa, bu asbob yordamida kuchlanishlarni o’lchash mumkin. Katta qo’shimcha qarshilik ulangan



136- расм.

galvanometr - voltmetrdir.

Galvanometrga shunt ulansa, u holda ancha kuchli toklarni o’lchash uchun ishlatiladigan asbob — ampermetr hosil bo’ladi. 136-a rasmda ampermetrning tuzilish sxemasi, 136-b rasmda esa voltmetrning tuzilish sxemasi ko’rsatilgan. Shunt va qo’shimcha qarshiliklar asboblar korpusining ichida joylashtirilgan bo’ladi.

Nazorat savollari

1.Magnit maydon kuchlanganligi deganda nimani tushunasiz?
2.Bio-Savar-Laplas qonuni deganda nimani tushunasiz?
3. Harakatlanayotgan zaryad va tokli o’tkazgich atrofidagi magnit maydon qanday aniqlanadi?
3. To’g’ri tok magnit maydon kuchlanganligini qanday aniqlanadi?
4. Aylanma toklarning magnit maydon kuchlanganligini qanday aniqlanadi?

Nazorat savollari.

1.Magnit maydon kuchlanganligi deganda nimani tushunasiz?
2. Bio-Savar-Laplas qonunini ayting?
3. Harakatlanayotgan zaryad va tokli o’tkazgich atrofidagi magnit maydon qanday aniqlanadi?
4. To’g’ri tok va aylanma toklarning magnit maydon kuchlaganligini hisoblash formulalarini ayting?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

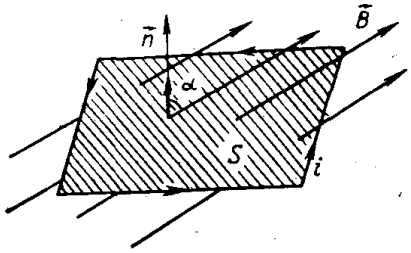
1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

23-maruza. Magnit oqimi. Magnit maydonda tokli kontur. Magnit maydon kuchlanganligining tsirkulyatsiyasi. Magnit maydonda tokli o'tkazgich. Amper kuchi. Tokli o'tkazgichning magnit maydonida ko'chishida bajarilgan ish.

Reja:

1. Magnit oqimi. Magnit maydonda tokli kontur.
2. Magnit maydon kuchlanganligining tsirkulyatsiyasi. Magnit maydonda tokli o'tkazgich.
3. Amper kuchi. Tokli o'tkazgichning magnit maydonida ko'chishida bajarilgan ish.

Magnit induksiya vektorining oqimi. Gauss teoremasi



127-расм.

Magnit maydon induksiya vektori bir jinsli bo'lgan magnit maydonga yassi yuza kiritaylik (127-rasm). SHu yuzadan o'tayotgan magnit oqimi yoki magnit induksiya vektorining oqimi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\Phi = BS\cos\alpha = B_n S \qquad (4.13)$$

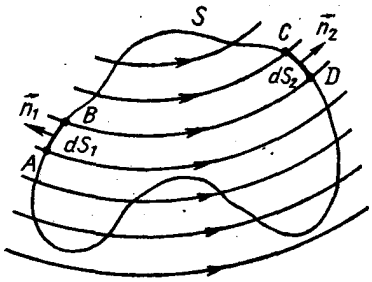
α—yuzaga o'tkazilgan normal bilan induksiya vektori orasidagi burchak, B_n—induksiya vektorining normalga olingan proeksiyasi. Proeksiya skalyar bo'lgani uchun magnit oqim ham skalyardir. Magnit oqim olingan yuzadan to'la o'tayotgan magnit induksiya vektor chiziqlaridir. (4.13) dan ko'rinadiki,

magnit induksiya oqimi musbat ham, manfiy ham bo'lishi mumkin. CHunki cosα=±1 orasida o'zgaradi. SHuning uchun magnit induksiya oqimi musbat buliщi uchun tok yo'nalishini tanlab olishimiz kerak.

Agar magnit maydon induksiyasi bir jinsli bo'lmasdan yuza ham yassi bo'lmasa, yuzani shunday elementar dS bo'lakchalarga bo'lamizki, undan o'tayotgan magnit maydon induksiyasini bir jinsli deb qarash mumkin bo'ladi. Bu bo'lakchadan o'tayotgan elementar magnit oqimi

$$d\Phi = B_n dS$$

$$d\Phi = B_n dS$$



128-расм.

bo'lib, to'la magnit oqim esa

$$\Phi = \oint_S B_n dS \qquad (4.14)$$

bo'ladi.

Agar bu ifodalardagi magnit maydon induksiyasini teslada, yuzani metr kvadratlarda olsak, SI da magnit oqim birligi veber (Vb) bo'ladi.

Ixtiyoriy chegaralangan berk sirt berilgan bo'lib, unga tik ravishda to'g'ri tok o'tayotgan bo'lsin (128-rasm). SHu sirtdan o'tayotgan magnit induksiya oqimini hisoblaylik. Buning uchun sirtni shunday elementar bo'lakchalarga bo'lamizki, hosil bo'lgan halqa nay ABCD ichida magnit kuch chiziqlari mavjud bo'lsin. Bu olingan halqaning ixtiyoriy kesimidan o'tuvchi oqim halka bo'yicha o'zgarmas bo'ladi. Nay olingan S sirtni juft marta dS_1 va dS_2 sirtlar bilan kesib o'tadi. Ammo bu kesimlardan o'tayotgan magnit oqimi qarama-qarshi ishorali bo'lgani uchun umumiy halkadan o'tayotgan oqim nolga teng bo'ladi. Buni butun S sirt bo'yicha umumlashtirsak, bunday sirtdan o'tayotgan umumiy magnit oqimi nolga teng. Demak, ixtiyoriy berk sirtdan o'tayotgan magnit oqimi nolga teng degan Gauss teoremasi isbot bo'ldi. Uning integral ko'rinishi:

$$\oint \left(\vec{B}\, d\vec{S}\right) = 0 \qquad (4.15)$$

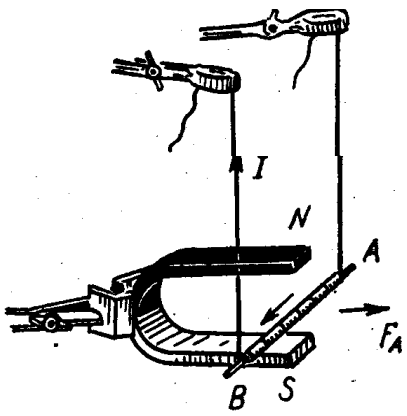
differensial shaklda esa:

$$div\vec{B} = 0\,. \qquad (4.16)$$

Bu ifodalar magnit zaryadining mavjud emasligini ko'rsatadi. Elektr zaryadi mavjud bo'lganligi uchun berk yuza bo'yicha elektr maydon kuchlanganligining oqimi Ostrogradskiy-Gauss teoremasiga asosan

$$\oint \left(\vec{E} d\vec{S}\right) = \frac{q}{\varepsilon_0} \qquad (4.17)$$

$$div\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \qquad (4.18)$$



129-расм.

edi. (4.15)—(4.18) formulalar har qanday magnit maydonlar uchun o'rinlidir. Bu tenglamalar Maksvell tenglamalar sistemasining asosini tashkil etadi.

Hamma erda divergensiyasi nolga teng bo'lgan kuchli maydonga uyurmali (solenoidal) maydon deyiladi. Demak, magnit maydon uyurmali maydon

bo'lib. uni hosil qiluvchi manba elektr tokidir.

Magnit maydonning tokli o'tkazgichga ta'siri. Amper qonuni

Biz 51- paragrafda tok o'tayotgan ikkita o'tkazgichning bir-biriga ta'sir qilishini ko'rgan edik. Bu hodisani o'tkazgichlardan har biriga ta'sir qiladigan kuchning ikkinchi o'tkazgichdagi tok hosil qilgan magnit maydonga bog'liq bo'lishi sababli ro'y beradi, deb tushunish kerak.

SHuning uchun tokli o'tkazgichni magnit maydonga, masalan, o'zgarmas magnit maydonga joylaщtirsak), unga kuch ta'sir etadi. Buni quyidagi tajribada tekshirib ko'rish mumkin.

Ikkita elastik simga kattik o'tkazgichni, u taqasimon magnit qutblari o'rtasida turadigan qilib osib (129-rasm), undan tok o'tkazganimizda o'tkazgichni harakatga kelishini ko'ramiz. Tokning yo'nalishini o'zgartirsak, o'tkazgichning harakat yo'nalishi oldingi yo'nalishiga qarama-qarshi tomonga o'zgarganligini ko'ramiz. SHo'nga o'xshash tajribalar asosida tokning yo'nalishi, magnit maydon yo'nalishi va o'tkazgichning harakat yo'nalishi orasidagi munosabatni topish mumkin.

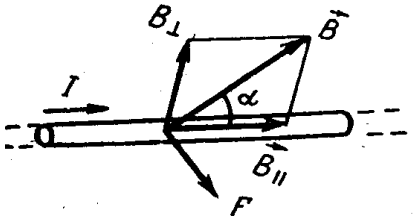
Tokli o'tkazgichga magnit maydon tomonidan ta'sir kiluvchi kuchlarni aniqlash masalasini birinchi bo'lib, mashhur fransuz olimi Amper 1820 yilda hal qilgan. Amper magnit maydon tomonidan tokli o'tkazgichga ko'rsatilayotgan F_A ta'sir kuchi, kattalik jihatidan I tok kuchiga magnit maydonning $\vec{B}$ induksiya vektoriga, o'tkazgichning magnit maydondagi qismining l uzunligiga hamda magnit induksiya vektorining yo'nalishi bilan I tokning yo'nalishi orasidagi α burchak sinusiga to'g'ri proporsional ekanligini aniqladi:

$$F_A = IBl\sin\alpha . \qquad (4.19)$$

Magnit maydondagi tokli o'tkazgichga ta'sir kiluvchi kuch kattaligini aniqlaydigai (4.19) formula Amper qonuni deb, F_A esa Amper kuchi deb ataladi. Amper kuchini vektor ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:

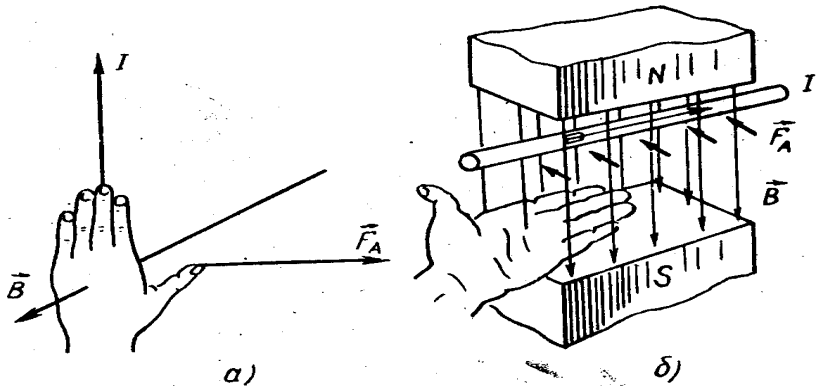
$$\vec{F}_A = I\left[\vec{l}\vec{B}\right]. \qquad (4.19a)$$

Amper qonunidan magnit maydon induksiya vektori tokning yo'nalishiga perpendikulyar bo'lganda Amper kuchi eng katta qiymatga ega bo'ladi, degan xulosaga



130-расм.

kelamiz. Induksiya vektori tokning yo'nalishiga parallel bo'lganda esa bu kuch nolga teng bo'ladi. Bu dalil

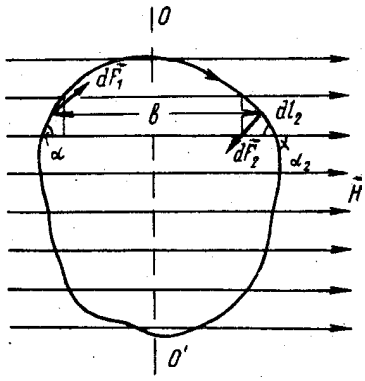


131-расм.

magnit induksiyasi vektorining faqat I tok kuchining yo'nalishiga perpendikulyar yo'nalgan tashkil etuvchisigina Amper kuchining hosil bo'lishiga sabab bo'ladi, deb aytishimizga asos bo'la oladi (130-rasm). Amper kuchi tok kuchi yo'nalishiga va magnit induksiya vektoriga perpendikulyar yo'nalgan. Uning yo'nalishi chap qo'l koidasi bilan aniqlanadi. Bu koida quyidagidan iborat: agar chap, qo'limizning kaftiga induksiya vektorining o'tkazgichga perpendikulyar bo'lgan tashkil etuvchisi kiradigan qilib, ochilgan to'rt barmog'imizni esa tok yo'nalishi bo'ylab joylashtirsak, u holda ochilgan bosh barmogimiz o'tkazgichga ta'sir qiluvchi Amper kuchining yo'nalishini ko'rsatadi (131-rasm). Magnit maydonning tokli o'tkazgichga ta'siri turli qurilmalarda qo'llaniladi.

Magnit maydonda tokli kontur

Bir jinsli magnit maydonda 137-rasmda ko'rsatilgan ixtiyoriy shaklda tok o'tayotgan berk kontur— sim berilgan bo'lsin. Magnit maydon induksiya vektori kontur sirtiga parallel. Tokli konturni cheksiz dl qismchalar—elementlarga bo'lamiz. Amper qonuniga asosan har bir tok elementi Idl ga



137- расм.

$$dF_1 = B_0 I dl_1 \sin\alpha_1 = B_0 I dh$$

kuch ta'sir qiladi. Bundagi $dh = dl_1 \sin\alpha_1$, α esa $\vec{dl}$ va $\vec{B}$ orasidagi burchak. Konturning qarama-qarshi tomondagi Idl_2 tok elementiga

$$dF_2 = B_0 I dl_2 \sin\alpha_2 = B_0 I dh$$

kuch ta'sir etadi.

CHap qo'l qoidasiga muvofiq dF_1 kuch dF_2 kuchga qarshi tomon yo'nalgan bo'lib, ular juft kuch hosil qilar, bu kuchning momenti $dM = b \cdot dF_1 = b \cdot B_0 I dh = B_0 I dS$ b—bu erda ikkita dl_1, dl_2 elementlar orasidagi masofa. Bundan tashqari dS — kuchlanganlikning ikkita qo'shni chiziqlari dl_1 va dl_2 elementlar orasidagi yuzi, bu hosil bo'lgan ifodani konturning hamma yuzi bo'yicha integrallab, tokli konturning hammasiga ta'sir etuvchi momentni topa-miz. U (4.22) ni o'zidir

$$M = \int_S IB\, dS = BIS = B\, p_m$$

Bu ifodani vektor ko'rinishida yozsak, kuch momenta induksiya vektor momenti bilan tok magnit momentining vektor ko'paytmasiga teng:.

$$\vec{M} = \left[\vec{B}\,\vec{p}_m\right] \qquad (4.22a)$$

Bu yerda $p_m = IS$ — berk tokning magnit momenti. Agar bitta kontur—o'ram bo'lmay, p o'ramli solenoid bo'lsa, solenoid o'qini magnit maydonga parallel holatga keltirish uchun magnit maydon tomonidan unga ta'sir etuvchi aylantiruvchi moment

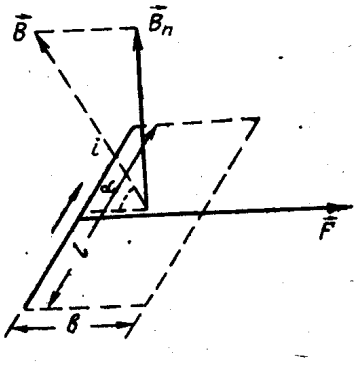
$$M = nBp_m \qquad (4.24)$$

bo'ladi. Agar magnit maydon tokli kontur sirtiga tik yo'nalgan bo'lsa, aylantiruvchi moment nolga teng bo'lib, konturga amper kuchlari ta'sir etib, maydon va tok yo'nalishiga qarab konturni sikadi yoki cho'zadi. Bu moment ta'sirida kontur OO' o'q atrofida 90° ga buriladi.

O'zgaruvchan tok generatori, o'zgarmas tok dinamik mashinalari, elektromotorlar va ko'pchilik elektrodinamik o'lchov asboblar magnitning tokka yoki tokning magnitga ta'siriga asoslangan.

Tokli o'tkazgichning magnit maydonda harakatlanishida bajarilgan ish

O'zgarmas tokning berk zanjirida zaryadlarning ko'chishi uchun bir tomondan kulon kuchi sabab bo'lsa, ikkinchidan tokni doimiy bo'lishi uchun kamaya boruvchi musbat va manfiy zaryadlarning o'rnini to'ldiruvchi yot kuchlar ham sabab bo'ladi. Bu kuchlarning zaryad birligiga to'g'ri keluvchi qismi, ya'ni kuchlanganliklar $\vec{E}_к$ va $\vec{E}_{ёm}$ bo'lib, natijalovchi kuchlanganlik $\vec{E} = \vec{E}_к + \vec{E}_{ёm}$. Zanjirning dl qismida zaryad birligining berk zanjir bo'ylab ko'chirishda bajargan ishi $\oint (E_к + E_{ёm})\, dl$ bo'lar edi.



138- расм.

Magnit induksiyasi $\vec{B}$ bo'lgan muhitda I tokli o'tkazgichning harakat etishini ko'raylik. Magnit maydonga kiritilgan uzunligi l bo'lgan tokli o'tkazgichga Amper qonuni bo'yicha magnit maydon $F_A = IBl\sin\alpha$ kuch bilan ta'sir etib, uni b masofaga ko'chirsa,

$$\Delta A = F_A b = IBlb\sin\alpha = IB\,\Delta S\sin\alpha \qquad (4.25)$$

Ish bajariladi. Bu tenglamadagi $bl = \Delta S$ -o'tkazgichning magnit maydonini kesib o'tgan yuza. Ikkinchidan α-$\vec{B}$ bilan $\vec{F}$ orasidagi burchak bo'lib, bl yuzaga tushirilgan normal yo'nalishidagi $\vec{B}$ induksiyaning proeksiyasi (138-rasm) $B_n = B\sin\alpha$ hisobga olinsa, dS yuzani kesib o'tgan magnit oqimi

$$\Delta\Phi = \int_S B_n dS \qquad (4.26)$$

ga teng bo'ladi. SI birliklar sistemada magnit oqimining birligi qilib «veber» qabul qilingan. (Bu «veber» birlikning ta'rifi Faradeyning induksiya qonunida aytilgan, shuningdek magnit induksiya birligi «tesla» ham shu erda ko'rsatilgan.)

Yuqoridagi tenglamalarda (4.26) ni (4.25) ga olib borib qo'ysak, (4.25) quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta A = I\,\Delta\Phi \qquad (4.27)$$

Demak, tokli o'tkazgich magnit maydonda harakatlanganda bajarilgan ish tok kuchi bilan magnit induksiya oqimining o'zgarishiga bog'liq ekan.

Nazorat savollari.

1.Magnit oqimi deganda nimani tushunasiz?
2.Magnit maydonda tokli konturqanday kuch ta'sir etadi?
3.Magnit maydon kuchlanganligining sirkulyatsiyasi deganda nimani tushunasiz.
4.Magnit maydonda tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuch?
5.Amper kuchi deganda nimani tushunasiz?
6.Tokli o'tkazgichning magnit maydonida ko'chishida bajarilgan ish formulasini keltirib chiqaring?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

24-maruza. Magnit maydonida harakatlanayotgan zaryadlangan zarrachaga ta'sir etuvchi kuch. Lorents kuchi. Xoll hodisasi. Harakatlanayotgan zaryadlangan zarrachaning magnit maydoni.

Reja:
1. Magnit maydonida harakatlanayotgan zaryadlangan zarrachaga ta'sir etuvchi kuch.
2. Lorents kuchi. Xoll hodisasi.
3. Harakatlanayotgan zaryadlangan zarrachaning magnit maydoni.

Lorens kuchi

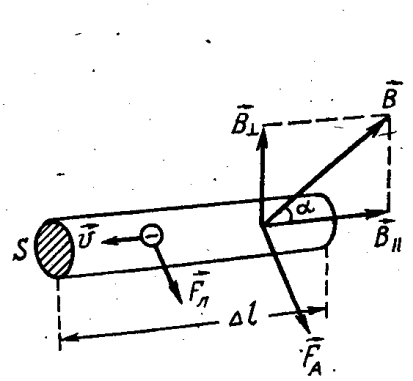
Tok o'tayotgan o'tkazgich, toksiz o'tkazgichdan, unda zaryad tashuvchilarning tartibli harakati sodir bo'lishi bilan farq qiladi. Bunda magnit maydondagi tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuch harakatlanuvchi alohida zaryad (elektron) larga ta'sir etuvchi kuchlardan iborat, binobarin, ta'sir zaryadlardan ular oqayotgan o'tkazgichga berilishi kerak, degan xulosa kelib chiqadi. Harakatlanayotgan

zaryadlarga magnit maydon tomonidan berilgan impulhs to'qnashish paytida metallning kristall panjarasi ionlariga yoki elektrolit molekulalariga uzatiladi. Bu xulosa bir qator tajribalar asosida tasdiqlanadi. Xususan, erkin harakatlanuvchi zryadlangan zarralar dastasi magnit maydon ta'sirida og'adi.

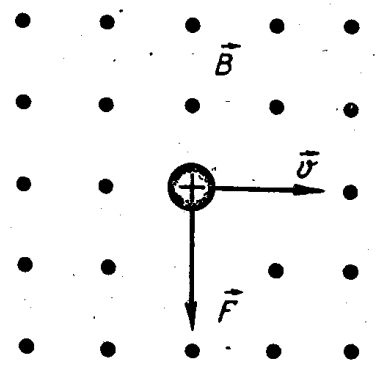
Endi harakatlanayotgan zaryadga magnit maydon tomonidan ta'sir qiluvchi kuchning ifodasini topaylik. Buning uchun amper qonunidan foydalanamiz. Tok kuchi son jihatidan o'tkazgich kesimidan vaqt birligi ichida o'tgan zaryad miqdoriga teng. Agar ayrim zaryadlarning kattaligi q, o'tkazgichning birlik hajmida harakatlanuvchi zaryadlar soni n, ularning tartibli harakat tezligi υ va o'tkazgichning ko'ndalang kesimi S bo'lsa, u holda tok kuchi $I = qn\upsilon S$ ga teng ekanligini ko'rib o'tgan edik.

Tok kuchining bu qiymatini (3.50) formulaga qo'yib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$F_A = qn\upsilon S\,\Delta l B \sin\alpha$$



149- расм.



150- расм.

bunda Δl —o'tkazgichning magnit maydondagi qismining uzunligi, α — Δl bilan $\vec{B}$ induksiya vektori orasidagi burchak (149- rasm). o'tkazgichning Δl uzunligidagi harakatlanayotgan barcha zaryadlar soni $N = nS\Delta l$; F_A esa shu zaryadlarga ta'sir etuvchi Amper kuchidir. Bundan ko'rinadiki, harakatlanayotgan har bir zaryadga magnit maydoni tomonidan

$$F_л = \frac{F_A}{N} = q\upsilon B \sin\alpha \qquad (6.1)$$

kuch ta'sir etadi. Bu kuch Lorens kuchi deb ataladi. Lorens kuchi magnit maydon induksiyasi bilan tezlik vektorlariga perpendikulyar bo'lib (150-rasm), uning yo'nalishi ham chap qo'l qoidasiga asosan aniqlanadi.

Rasmda maydon induksiya vektori o'quvchilarga qarab yo'nalgan.

Agar chap qo'limiz kaftini unga zaryad tezligi $\vec{\upsilon}$ ga perpendikulyar bo'lgan magnit maydon induksiyasining $\vec{B}$ vertikal tashkil etuvchisining chiziqlari kiradigan qilib tutib, yoyilgan to'rt barmoqni musbat zaryad yo'nalishida (yoki manfiy zaryad yo'nalishiga teskari yo'na-lishda) ochilsa, u holda 90° ga kerilgan bosh barmog'imizning

yo'nalishi zaryadga ta'sir etuvchi $F_л$ Lorens kuchining yo'nalishini ko'rsatadi (149-rasmga karang).

Kuzatilayotgan elementar zaryadga magnit maydondan tashqari elektr maydon ham ta'sir etsa Lorens kuchi quyidagicha ifodalanadi:

$$F_л = qE + q\upsilon E = q(E + \upsilon B) \qquad (6.2)$$

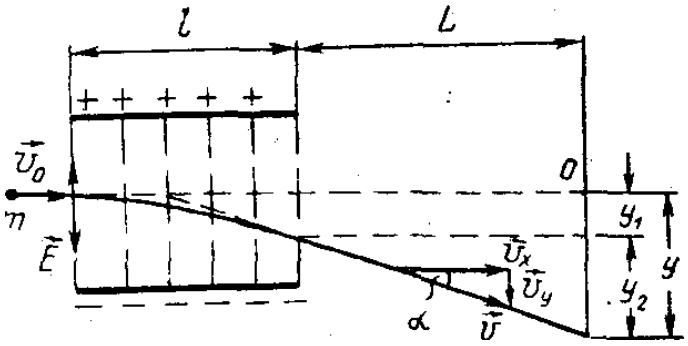
uni vektor ko'rinishida yozsak

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\left[\vec{\upsilon}\,\vec{B}\right] \qquad (6.2a)$$

Lorens kuchi har doim zaryadlangan zarraning yo'nalishiga perpendikulyar yo'nalgandir, shuning uchun Lorens kuchi zarra ustida ish bajarmaydi. Demak, zaryadlangan zarraga o'zgarmas magnit maydon orqali ta'sir etib, uning energiyasini o'zgartirishi mumkin emas.

Elektr va magnit maydonlarda zaryadli zarralar harakati

1. Zaryadli zarra bir jinsli elektr maydonda harakatlanayotgan bo'lsin. Elektronlar oqimi dastasini hosil qilish oson bo'lgani uchun elektronlar harakatini qaraylik. Elektron dastasiga tashqi ta'sir bo'lmasa, qarshisida turgan ekranining 0 nuqtasiga borib tushadi (151-rasm). Endi elektron dastasi qoplam uzunligi l bo'lgan zaryadlangan yassi kondensator qoplamalari orasidan o'tib ekranga kelib tushsin. Bu holatda magnit maydonni nolga teng deb qaraymiz. Kuzatish aniq bo'lishi uchun kondensatorning ustki qoplamasi musbat zaryadlangan bo'lib, elektr maydon kuchlanganligi qoplamaning ustki qismidan pastga qarab yo'nalsin, kondensator ichidagi hosil bo'lgan elektr maydonni bir jinsli deb qaraymiz. Kondensatordan ekrangacha bo'lgan oraliq L bo'lsin. Kondensatorga elektronlar $\vec{\upsilon_0}$ boshlangich tezlik bilan kirib, unga elektr maydon tomonidan $e\vec{E}$ kuch ta'sirida o'z harakat yo'nalishlarini U o'qi bo'yicha o'zgartiradi. Kondensatordan chiqqandan keyin oldingi yo'nalishi bilan α burchak hosil qilgan holatda $\vec{a}$ tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakatlanadi. Uning tezlanishi:



151-расм.

$$\vec{a} = \frac{e}{m}\vec{E}$$

Kondensator ichida zaryadning harakatlanish vaqti $t = \dfrac{l}{\upsilon_0}$ bo'lib,

$$y_1 = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}\frac{e}{m}\left(\frac{l}{\upsilon_0}\right)^2 E \qquad (6.3)$$

masofaga siljib $\upsilon_y = at = \dfrac{e}{m}\cdot\dfrac{l}{\upsilon_0}E$ tezlikka ega bo'ladi.

CHizmadan ko'rinadiki, zarra oldingi yo'nalishi bilan

$$tg\alpha = \frac{\upsilon_y}{\upsilon_x} = \frac{\upsilon_y}{\upsilon_0} = \frac{e}{m} \cdot \frac{l}{\upsilon_0^{\,2}} E$$

burchak hosil qiladi. U vaqtda kondensatordan chiqib ekranga etib kelguncha (6.4) nisbatan yana qo'shimcha

$$y_2 = Ltg\alpha = \frac{elL}{m\upsilon_0^{\,2}} E \qquad (6.5)$$

masofaga siljiydi. U vaqtda 0 nuqtaga nisbatan umumiy siljish (6.3) va (6.5) yig'indisiga teng bo'ladi:

$$y = y_1 + y_2 = \frac{el}{m\upsilon_0^{\,2}} \left(\frac{1}{2} l + L \right) E$$

Bu ifodani (6.4) e'tiborga olib quyidagicha ifodalasak ham bo'ladi:

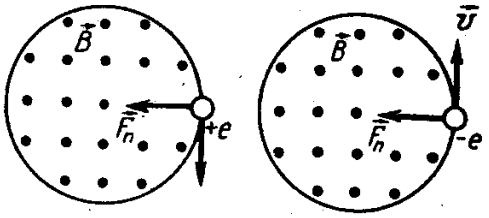
$$y = tg\alpha \left(\frac{1}{2} l + L \right)$$

bu ifodadan ko'rinadiki, maydondan chiqqan zarra xuddi kondensator markazidan oldingi yo'nalishiga nisbatan (6.4) bilan aniqlanayotgan α burchak hosil qilib harakatlangandek bo'lar ekan.

2. Zaryadli zarra bir jinsli magnit maydonda harakatlansin. Bu holatda tashqi elektr maydon nolga teng. Zaryadli zarra $\vec{\upsilon}$ tezlik bilan bir jinsli magnit maydon induksiya vektoriga tik yo'nalishda kirib kelsa, unga Lorens va markazdan qomma kuchlar ta'sir etib, R radiusli aylana bo'yicha quyidagi tezlanish bilan harakatlanadi:

$$a_n = \frac{F}{m} = \frac{e}{m} \upsilon B \qquad (6.6)$$

Agar tezlik faqat yo'nalishi bo'yicha o'zgarsa yoki faqat zaryadning ishorasi o'zgarsa ta'sir etuvchi kuchning yo'nalishi o'zgaradi. Agar ikkalasi birdan o'zgarsa kuch yo'nalishi o'zgarmaydi (152-rasm). Mexanikadan ma'lumki, markazga intilma tezlanish burchak tezlik orqali



152-расм.

$$a_n = \omega^2 R = \omega\upsilon \qquad (6.6a)$$

ko'rinishda ifodalanar edi. Bu ikkala tenglikning o'zaro tengligidan va ishorasini hisobga olsak,

$$\omega = \frac{e}{m} B \qquad (6.7)$$

hosil bo'ladi. Bunga siklik yoki larmor chastotasi deyiladi. (6.6) va (6.7) tengliklardan foydalanib solishtirma zaryadlarni hisoblashimiz mumkin.

Agar zaryad tezligi magnit maydon yo'nalishi bilan qandaydir burchak hosil qilsa, u vaqtda uning harakat traektoriyasi spiraldan iborat bo'ladi.

Xoll effekti va uning qo'llanishi

Magnit maydonning tokli o'tkazgichga ta'siri (Amper kuchi) o'tkazgichni

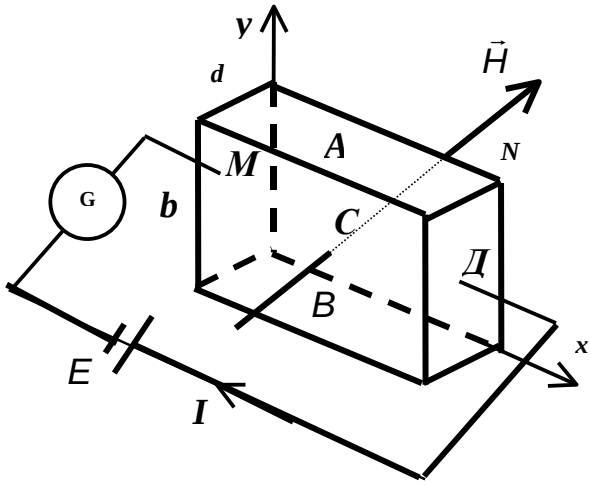
harakatlantirishi, orientirlanishi va aylantirishi mumkin. Agar o'tkazgichni harakatlantira olmaydigan qilib mahkam ushlab turilsa, bu kuch o'tkazgich tarkibidagi zaryadli zarrachalarga ta'sir qiladi;

Lorens kuchi $f = e\upsilon H$, bunda e-elektronning zaryadi, υ elektronning tezligi, H tashqi magnit maydon.

Lorens kuchi zaryadli zarrachalarga ta'sir qilib, ularni elektr maydon bo'ylab yo'nalgan harakatidan og'diradi. Metall o'tkazgichli elektronlarni chiziqli harakatidan chetlatilgani o'tkazgich tashqarisidagiga nisbatan ancha qiyin bo'ladi, chunki elektronlar uzluksiz ravishda betartib harakat qilib, panjara tugunidagi atomlarga urilib, energiyaning bir qismini yoki batamom berib turadi. Tok o'tayotgan metallning qizib ketishiga ham ana shu sabablidir. Umuman panjara tugunidan elektronlarning kristalldagi atomlarning tebranishi tufayli sochilishi (to'lqin tabiat), to'knashishi zaryadli zarrachaning elektr maydon ta'siridagi o'tgan yo'lining mo'ljallanganidan ko'ra ortib, qarshilikning ortishiga sabab bo'ladi.

Bu qarshilik tashqi magnit maydonga bog'liq bo'lib, maydon ortishi bilan avval tezroq, so'ngra sekinroq o'sib boradi. Binobarin, S va D yo'nalishida I tok o'tayotgan o'tkazuvchan plastinkani tashqi magnit maydonning H kuch chiziqlariga tik qilib joylashtirsak plastinkaning tok yo'nalishiga tik bo'lgan ekvipotensial sirtidagi ikki A va V nuqtalarida φ_A-φ_V potensial farq paydo bo'ladi. Bu ikki nuqtadagi potensial farq magnit maydoni yo'q bo'lganda (H=0 da) φ_A-φ_V=0 bo'ladi. Bu hodisaga Xoll effekti deb ataladi.

Bu hodisani kuzatish uchun yupqa plastinka olib (153-rasm) uni EYUK E bo'lgan o'zgarmas tok zanjiriga ulaymiz. Zanjirdagi tok va elektr maydon yo'nalishlari bir xil bo'lib, S dan D ga qarab yo'nalgan. Plastinkani magnit maydon qutblari orasiga kuch chiziqlariga tik qilib joylashtirsak, A va V nuqtalarda potensial farq yuzaga keladi.



153-rasm

Vujudga kelgan φ_A-φ_V potensial farq tok kuchi I va magnit maydon H ga to'g'ri praporsional bo'lib, plastinka qalinligi d ga esa teskari proporsionaldir

$$\varphi_A - \varphi_B = k\frac{IH}{d} \qquad (6.8)$$

magnit maydon bo'lmaganda elektronga x-o'qining manfiy yo'nalishida D dan S ga qarab yo'nalgan $eE_x = F$ kuch ta'sir qiladi. Magnit maydon bo'lgach elektronga u o'qining musbat yo'nalishida $F_y = e\upsilon H$ ga teng bo'lgan Lorens kuchi ta'sir qilib, natijaviy $\vec{F} = \vec{F_x} + \vec{F_y}$ kuch plastinkaning A tarafida manfiy zaryadlar to'planib, V

tarafi musbat zaryadlanib qolishiga olib keladi. Zaryadlarning A tomonida to'planishi dinamik muvozanat ro'y bergunga qadar, ya'ni zaryadlarning to'planishi bilan bog'liq bo'lgan potensial farq natijasida hosil bo'lgan yangi elektr kuchi bilan Lorens kuchi tenglashgunga qadar davom etadi.

$$e\frac{\varphi_A - \varphi_B}{d} = e\bar{\upsilon}H \qquad (6.9)$$

Agar har bir tok tashuvchi zaryadli zarralarning zaryadini e, o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan vaqt birligi ichida unga tik holda o'tayotgan zaryadlarning sonini n deb olsak, u holda tok $I = ne$ bo'ladi. Ma'lumki $n = n_0\bar{\upsilon}S$ munosabatda n_0 metallning birlik hajmidagi elektronlar soni bo'lib, $\bar{\upsilon}$ esa uning o'rtacha yo'nalgan tezligi, $S = bd$ plastinka ko'ndalang kesim yuzi. SHunday qilib, tok o'tkazgich plastinkasidan o'tayotgan tok $I = en_0\bar{\upsilon}S$ ga teng bo'ladi. Tok zichligi

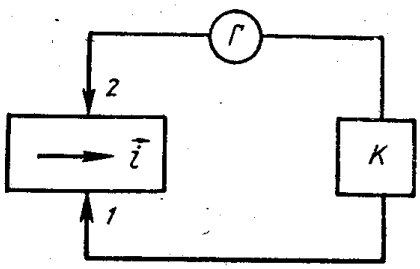
$$i = \frac{I}{S} = en_0\bar{\upsilon} \qquad (6.9\ a)$$

ga teng. (6.9 a) dan $\bar{\upsilon}$ ni aniqlab (6.9) ga qo'ysak

$$\varphi_A - \varphi_B = \frac{1}{ne}\frac{IH}{d} \qquad (6.10)$$

ni hosil qilamiz. (6.10) dagi $k = \frac{1}{ne}$ ga Xoll koeffisenti deyilib, uning ishorasi zaryad ishorasiga bog'liq. k>0 bo'lishi φ_A-φ_V>0 ekanligini ko'rsatadi.

Xoll koeffisienti kompensasiya metodi yordamida o'lchanadi. Buning uchun tekshirilayotgan plastinka K konpensator va galhvanometrdan iborat, 154-rasmda ko'rsatilgandek berk zanjir tuziladi. Kompensatorga plastinkada hosil bo'layotgan potensiallar farqiga teskari ishorali potensial beriladi, toki galhvanometr nolni ko'rsatguncha. Bu vaqtda kompensator ko'rsatgan kuchlanish Xoll effektida hosil bo'lgan kuchlanishga miqdor jihatidan teng bo'ladi. Kuchlanishni bilgan holda (6.9) formuladan foydalanib, Xoll koeffisienti hisoblanadi. Tajribada Xoll koeffisientini aniqlash orqali olingan plastinkada zaryad tashuvchining ishorasini va konsentrasiyasini aniqlashimiz mumkin. Agar tekshirilayotgan modda uchun solishtirma elektr o'tkazuvchanligini bilsak, bu moddalardagi zaryad tashuvchilarning harakatchanligini ham aniqlashga imkon beradi. CHunki bu kattaliklar orasidagi bog'lanish $j = enb$ (6.10)



154- расм.

iborat edi.

Ko'pchilik metallar uchun (6.10) formula yordamida aniqlangan zaryad tashuvchilarning harakatchanligi $(5{,}8 - 5{,}6)\cdot 10^{-4}\,м^2/(с\cdot В)$ oralig'ida ekanligi quyidagi 8- jadvalda keltirilgan.

8- jadval

Metallar	Ag	Na	Be	Si	Ai	Li	Al	Cd	Zn
b, $10^{-4}\ \frac{м^2}{c \cdot B}$	56	48	44	35	30	19	10	7,9	5,8

Bunday kichik bo'lishining asosiy sababi, elektronlar metallarning kristall panjaralari bilan ko'p to'qnashadi.

Metallarda o'rganilgani kabi Xoll koeffisientini aniqlash orqali yarim o'tkazgichlardan zaryad tashuvchilarning ham konsentrasiyalarini va ularning harakatchanliklarini aniqlash mumkin. Bu yuqorida Xoll ef-fektini klassik nazariya asosida osongina ifodaladik. Ammo, bu hodisa bunchalik oson bo'lmasdan, uni kvant fizikasi asosida mukammal qaraladi.

Nazorat savollari.

1. Magnit maydonida harakatlanayotgan zaryadlangan zarrachaga ta'sir etuvchi kuch deganda nimani tushunasiz?
2. Lorents kuchini tushuntirib bering?
3. Xoll hodisasi deganda nimani tushunasiz?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

25-maruza. Moddalarning magnit xususiyatlari. Molekulyar toklar. Magnitlanish vektori. Dia-para-ferromagnetiklar. Para- va diamagnetizmni tushuntirilishi. Ferromagnetiklar. Ferromagnetiklarni magnitlanish jarayoni. Gisterezis sirtmog'i. Qoldiq magnitlanish va koertsetiv kuch. Ferromagnetizmning tushuntirilishi. Domenlar nazariyasi haqida tushuncha.

Reja:

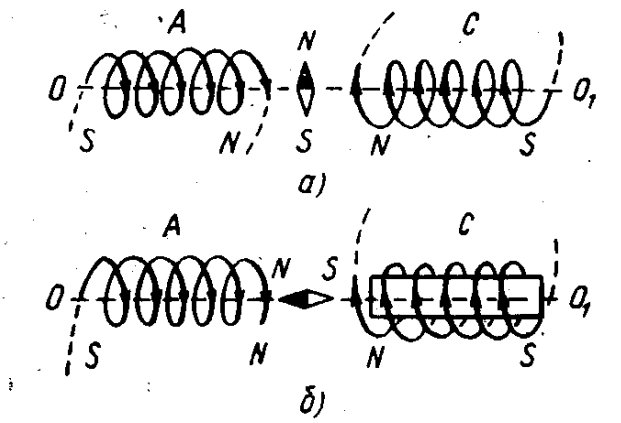
1. Moddalarning magnit xususiyatlari.

2. Molekulyar toklar. Magnitlanish vektori.
3. Dia-para-ferromagnetiklar. Para- va diamagnetizmni tushuntirilishi.
4. Ferromagnetiklar. Ferromagnetiklarni magnitlanish jarayoni
5. Gisterezis sirtmog'i.
6. Qoldiq magnitlanish va koertsetiv kuch.
7. Ferromagnetizmning tushuntirilishi. Domenlar nazariyasi haqida tushuncha.

Moddalarning magnit maydoni

SHu vaqtgacha biz o'rganilayotgan magnit maydonni vakuumda (yoki amalda havoda ham xuddi shuning o'zi bo'ladi) mavjud deb faraz qilib keldik. Endi magnit maydonga muhit (modda) qanday ta'sir ko'rsatishini ko'rib chiqaylik.

Ikkita bir xil A va S g'altaklarni olib, ularni bir-biridan bir oz siljigan holda gorizontal 00_1 o'q bo'yicha joylashtiramiz (205-rasm).

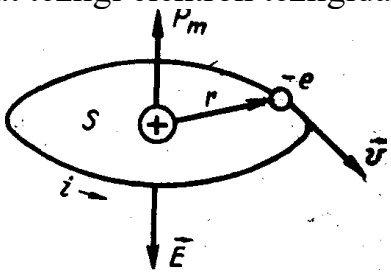


205- расм.

G'altaklar orasiga mahkamlangan vertikal o'q atrofida harakatlana oladigan qilib magnit strelkasini joylashtiramiz. Butun qurilmani magnit strelkasi g'altaklar o'qiga nisbatan perpendikulyar joylashadigan qilib o'rnatamiz, so'ng ikkala g'altakdan kattaligi bir xil, lekin yo'nalishi qarama-qarshi bo'lgan tok o'tkazamiz (205-a rasm). Bu vaqtda magnit maydoniga joylashtirilgan strelka harakatga kelmaydi, chunki ikkala tokning hosil qilgan magnit maydoni bir xil miqdorda va qarama-qarshi yo'nalgan bo'lgani uchun g'altaklar orasidagi hajmda magnit induksiyasi nolga teng bo'ladi.

Ikkala g'altakdan o'tayotgan tok kuchini o'zgartirmagan holda ulardan birining, masalan, S g'altakning ichiga temir sterjenh kiritamiz (205-b rasm). U holda magnit strelkasi o'z holatini o'zgartiradi. S g'altakning magnit maydoni kuchayadi va g'altaklar orasidagi natijaviy maydon noldan farkli bo'ladi. Bu holda temir sterjenning S g'altakning magnit maydonida magnitlanib qolishini kuzatamiz. Bunday bo'lishini hozirgi zamon fizikasi quyidagicha tushuntiradi. Magnit maydon faqat tok o'tgandagina hosil bo'lmasdan, balki atom va molekulalar tarkibidagi zaryadli zarralarning harakatlanishi tufayli ham hosil bo'ladi. Elektronning o'z o'qi atrofida harakati natijasida hosil bo'luvchi impulhs momenta o'q yoki spin moment deyiladi. Elektron ham, atom yadrosi ham spinga ega. Elektronning o'z o'qi atrofida aylanishi spinni, orbita bo'yicha yadro atrofida aylanishi esa orbital momentni berib,

ichki magnit maydonni hosil qiladi. CHunki ularning harakati tufayli tok hosil bo'ladi. Bu tokni Amper molekulyar tok deb atagan. Demak, moddalarning magnitlanishi, yadro atrofida elektronning aylanma harakati natijasida, orbital magnit momentiga (r_{orb}), ikkinchidan, elektronning xususiy aylanma harakati yoki spini mavjudligidan spin magnit momentiga (r_s) va uchinchidan, atom yadrosining xususiy aylanma harakati yoki spini mavjudligi natijasida deb tasavvur kilinadi. Bu magnit momentlar atomlarning tuzilishiga ham bog'liqdir. Atomlarning yadro magnit momentlari elektronlarning orbital va spin magnit momentlaridan juda kichik, chunki yadroning harakat tezligi elektron tezligidan juda kichik.



206-расм.

Yuqorida aytilganidek, elektron orbita (aylana) bo'yicha ν chastota bilan aylanma harakat qilganida aylana bo'yicha uning harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda aylanma tok hosil bo'lishini keyinroq Eynshteyn va de-Gaaz tajribasida ko'ramiz.

Elektron harakati tufayli hosil bo'luvchi tok $i = e\nu$ bo'lib,

$$p_{орб} = e\nu S$$

orbital magnit momenta hosil qiladi. Bunda S — orbita yuzi. 206- rasmda ko'rsatilganidek, elektron soat strelkasi bo'yicha, tok kuchi esa soat strelkasiga teskari yo'nalishda bo'lib, hosil bo'layotgan magnit momentining yo'nalishini parma qoidasiga binoan aniqlasak, pastdan yuqoriga yo'nalgan bo'ladi.

Orbita bo'yicha impulhs momenti (l) esa

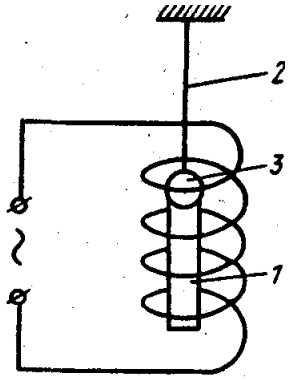
$$I = m\upsilon r$$

bu ham parma qoidasiga asosan pastga qarab yo'nalgan bo'ladi. Demak, bu ikki vektor o'zaro qarama-qarshi yo'nalgan bo'lar ekan.

Agar magnit momentining impulhs momentiga nisbatini olsak,

$$\vec{\Gamma} = \frac{\vec{p}_{орб}}{\vec{l}} = -\frac{1}{2}\left(\frac{e}{m}\right) \qquad (10.1)$$

hosil bo'ladi. Bu ifodaga giromagnit nisbat deyiladi. Bundagi manfiy ishora magnit momentlarining teskari yo'nalishda bo'lishini ifodalasa, o'zi solishtirma zaryadni ifodalaydi. Bu ifoda orbita aylanadan iborat bo'lganda emas, ellips shakldagi orbita uchun ham o'rinlidir.



207-расм.

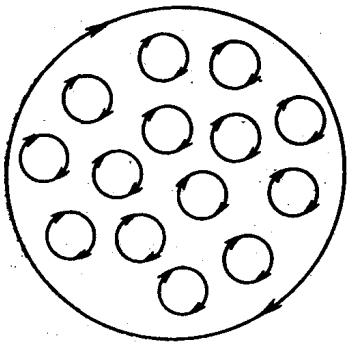
Molekulyar tokning mavjud ekanligini aniqlash uchun Eynshteyn va de-Gaaz silindr shaklida temir (1) olib uni ingichka kvars ipiga (2) osib, o'zgaruvchan tok manbaiga ulangan solenoid ichiga tushirilgan (207-rasm). Solenoiddan o'zgaruvchan tok o'tishi natijasida unda o'zgaruvchan magnit maydon hosil bo'lib, temir sterjenh buriladi. Uni ipga o'rnatilgan ko'zgu (3) orqali kuzatamiz. Bu erda tok yo'nalishi o'zgarishi bilan sterjenh burilishi ham o'zgaradi. Bunga magnitomexanik hodisa deyiladi. Bunday tebranishning asosiy sababi temirning qayta magnitlanishidir. CHunki temirga tashqi magnit maydon ta'sir etishi bilan undagi elementar zarralarning magnit momentlari maydonga parallel ravishda orientasiyalanib, aylantiruvchi mexanik moment hosil bo'ladi. Sistemada impulhs momentining saqlanish qonuni mavjud bo'lgani uchun elektronlar hosil qilgan natijaviy momentga teng va unga teskari yo'nalishda silindrni aylantiruvchi moment hosil bo'lib, ipga osilgan silindrni buralma harakatga keltiradi. (10.1) dan ko'rinadiki, magnit momenta impulhs momentidan katta bo'lishining sababi temirda magnitlanish hodisasi impulhs momenta orqali emas, balki elektronning spin harakati tufayli hosil bo'luvchi spin magnit momenta ta'sirida bo'lar ekan.

Atom yoki molekulaning umumiy magnit momenti ular tarkibidagi elektronlarning orbital va spin magnit momentlarining yig'indisidan iborat

$$\vec{p}_A = \sum \vec{p}_{орб} = \sum \vec{p}_c \qquad (10.2)$$

bo'ladi. Demak, magnit maydonga joylashtirilgan barcha moddalar magnitlanish xossalariga ega bo'ladi, ya'ni magnitlanadi, shuning uchun (dastlabki) maydonni ma'lum darajada o'zgartiradi. Magnit maydonga ta'sir ko'rsatadigan bunday moddalarni magnetiklar deyiladi. Moddaning magnitlanishini xarakterlovchi fizik kattaliklardan biri hajm birligidagi atom yoki molekulalarning magnit momenti orqali ifodalanuvchi magnitlanganlik vektoridir:

$$\vec{I} = \frac{1}{\Delta V} \sum_{\Delta V} \vec{p}_{орб} \qquad (10.3)$$



208-расм.

Induksiya bilan magnitlanuvchanliklarning o'zaro bog'lanishini aniqlaylik. Buning uchun molekulalardagi elektron toklarning ichki magnit maydon kuchlanganli (N') ni hisoblaylik.

Amper bo'yicha moddaning har bir molekulasi aylana

tok bo'lib hisoblanadi. Silindr shaklidagi (208-rasm) bir jinsli magnetikni ko'z oldimizga keltiraylik. Bu magnitlangan silindrning molekulyar toklari silindrning o'qiga tik tekisliklarda joylashadi. Faraz etaylik, molekulyar toklarning yo'nalishi soat strelkasining yo'nalishi bo'yicha bo'lsin, bunda magnetik kesimining ichki qismlaridagi qo'shni molekulyar toklarning yo'nalishi bir-biriga qarama-qarshi bo'lib, muvozanatga keladi, muvozanatlanmagan qismigina magnetikning tashqi sirtida bo'ladi. Bu toklarning chiziqli zichligi, ya'ni silindrning uzunlik birligida tok $\eta = \frac{i}{l}$ bo'lsin, silindrni hamma uzunligidagi tok $i = \eta l$, bu tokning magnit momenti $p = \eta l S \mu_0 = \mu_0 \eta V$, V — magnetikning hajmi, bunda $\mu_0 \eta = \frac{p}{V}$ — hajm birligining magnit momenti, bu esa (10.2) ning ta'rifiga muvofiq magnetikning magnitlanganligini beradi. SHunday qilib,

$$\eta \mu_0 = I \qquad (10.4)$$

ekan. Ikkinchidan, magnetikdan iborat silindrni bir o'ramli (n =1) solenoid deb qarasak, undan o'tuvchi tok zichligi $\eta = \frac{I}{\mu_0}$ bo'lib, solenoid ichidagi maydon $H' = \frac{I}{\mu_0}$ bo'ladi. Magnetikdagi magnit maydon induksiya esa

$$B = \mu_0 (H_0 + H') = \mu_0 H_0 + I. \qquad (10.5)$$

Bunda N_0 va μ_0 moc ravishda vakuumdagi magnit maydon kuchlanganligi va vakuumning magnit doimiysi. Magnetikning magnitlanganlik vektori maydon kuchlanganligiga to'g'ri proporsionaldir.

$$I = \chi \mu_0 H_0 \qquad (10.6)$$

χ—moddaning magnit qabul qiluvchanligi.

(10.6) ni (10.5) ga qo'ysak,

$$B = \mu_0 H_0 + \chi \mu_0 H_0 = \mu_0 H_0 (1 + \chi) = \mu_0 \mu H \qquad (10.7)$$

bunda, μ— moddaning magnit singdiruvchanligi.

Diamagnetik va paramagnetiklar

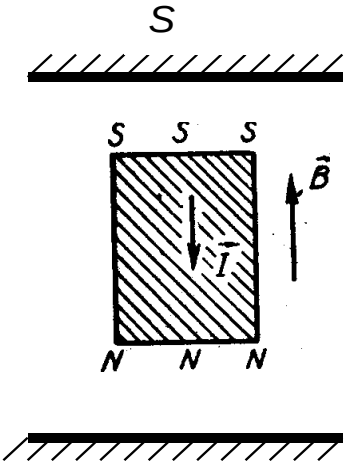
Oldingi paragrafda moddalarning magnit xususiyatlarini o'rganishda (10.7) va (10.8) formulalardan ko'rinadiki, magnetiklarning magnit induksiyalari ularning magnit qabul qiluvchanlik va singdiruvchanlik koeffisientlariga bog'liq edi.

Moddalarning magnit singdiruvchanlik koeffisienti (μ) bir qatlam o'ralgan solenoid hosil qilayotgan magnit oqimi zichligidan magnetikning magnit oqimining o'rtacha zichligi necha marta katta ekanligini ko'rsatadi.

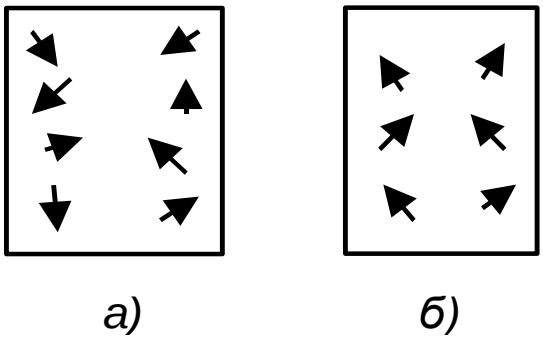
Bu magnit qabul qiluvchanligiga qarab magnetiklarni quyidagi gruppalarga bo'lamiz. Agar $\mu<1$ bo'lsa, bunday moddalarni diamagnetiklar, bunda $\chi<0$; $\mu>1$

bo'lsa, $\chi>0$ bo'lib, bunday moddalarni paramagnetiklar, $\mu>>1$ bo'lsa, $\chi>0$ va $B=f(\mu)$ bo'lsa, bunday moddalarni ferromagnetiklar deyiladi.

Diamagnetiklarda qabul qiluvchanlikning manfiy bo'lishiga asosiy sabab magnitlanganlik vektorining magnitlovchi tashqi magnit maydon induksiya vektoriga qarama-qarshi yo'nalishidadir (209-rasm). Tashqi magnit maydon ta'sirida diamagnitni tashkil etuvchi dipollarning joylashishi teskari bo'ladi, ya'ni bir jinsli magnit qutblari (dipolh va tashqi maydondagi) ular o'zaro itarishish o'rniga o'zaro tortishadi. Tashqi magnit maydon ta'sirida elektron harakati o'zgaradi. Bu vaqtda atomlarning magnit momentlari kichik bo'lgani uchun moddalarning diamagnetik xossalari kuchli bo'ladi. Deyarli barcha inert gazlar diamagnit xususiyatiga ega; Diamagnitlarda tashqi maydon ta'sir etmaganda atomning magnit, momenti nolga teng bo'ladi.



209-расм.



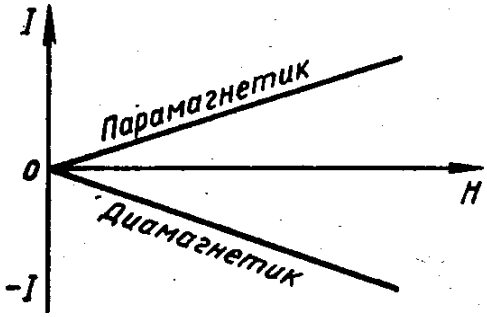
210-расм.

Paramagnit jismlarga tashqi magnit maydon ta'sir etmaganda ham atomning magnit momenti noldan farqlidir. Tashqi magnit maydon ta'sirida atomlarning magnit momentlari maydon yo'nalishiga orientasiyalanadi. Ammo orientasiyalanishga atomlarning xaotik harakatlari qarshilik ko'rsatadi (210-a rasm). SHuning uchun harakat ortishi bilan paramagnit moddalarning qabul qiluvchanligi kamayadi.

Modda tashqi magnit maydonga kiritilganda atomlarni maydon bo'yicha orientasiyalash uchun juft kuchlar ta'sir etadi. Natijada modda ichida atomlarning tartibli joylashishi sodir bo'lib, magnitlanish nolga teng bo'lmaydi (210-b rasm). Paramagnitlarga xos bo'lgan magnitlanganlik vektori tashqi magnit maydon induksiya vektori yo'nalishida joylashadi.

Paramagnetik va diamagnetiklarning magnitlanganlik vektorini tashqi magnit maydon kuchlanganligiga bog'liqligi 211-rasmda keltirilgan.

Agar koordinata sistemasining bir o'qiga paramagnetikning qabulchanligini, ikkinchi o'qiga



211-расм.

$\frac{1}{T}$ qo'ysak, to'g'ri chiziq hosil bo'ladi, ba'zi paramagnetiklar uchun bu chiziq koordinata boshidan o'tmaydi, CHunki Kyuri aniqlagan qabul qiluvchanlikni $\chi = \frac{C}{T}$ qonuni o'rnida

$$\chi = \frac{C}{T - Q_k} \qquad (10.9)$$

$$C = \frac{np^2{}_{орб}}{3\mu_0 k}$$

Kyuri — Veys qonuni o'rinli bo'ladi. Bu qonundagi C-doimiylik, T— absolyut temperatura, Q_k — Kyuri nuqtasi, bu temperaturada moddalar o'zlarining magnit xususiyatini yo'qotadilar, n—atom konsentrasiyasi.

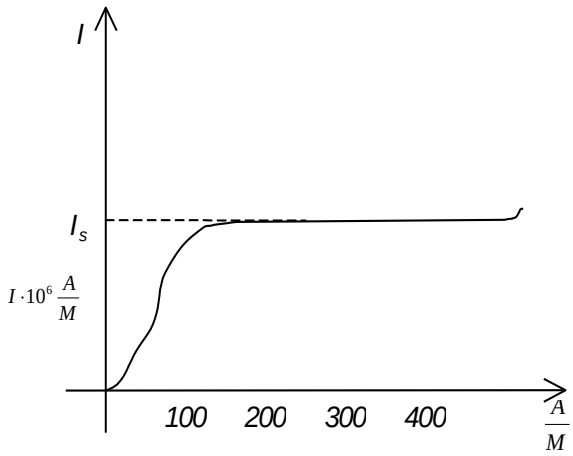
Quyidagi 10-jadvalda ba'zi diamagnetik va paramagnetik moddalarning qabul qiluvchanligi keltirilgan.

10-jadval

Diamagnetik	$\chi, 10^6$	Paramagnetik	$\chi, 10^6$
Azot	—0,0062	Kislorod	1,8
Suv	—9	Alyuminiy	21
Kumush	—26	Platina	300
Vismut	—170	Xlorli temir	2500

Ferromagnetiklar xossasi va tuzilishi

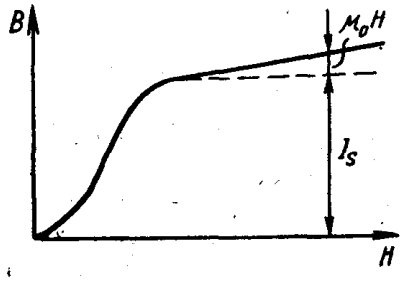
Ferromagnetiklar dia- va paramagnetik moddalardan o'zlarining qabul qiluvchanlik va singdiruvchanlik koeffisientlari va ularning tashqi magnit maydonga bog'liqligi bilan farq qiladi. SHu kabi induksiya, magnitlanganlik vektorlari ham magnit maydon kuchlanganligiga bog'liq. Ferromagnetiklar kuchli magnitlanuvchi moddalardir. Hatto uning magnitlanishi dia- va paramagnetiklarga nisbatan bir necha o'n ming (10^{10}) marta katta bo'ladi. Eynshteyn va de-Gaaz tajribasidan ko'rinadiki, ferromagnetizmni elektronlarning spin momentlari hosil qiladi. Magnit maydon bo'lmagan holda magnitlanish, ya'ni spontan magnitlanish xossasiga ega bo'lgan qattiq jismlar ferromagnetiklar deyiladi.



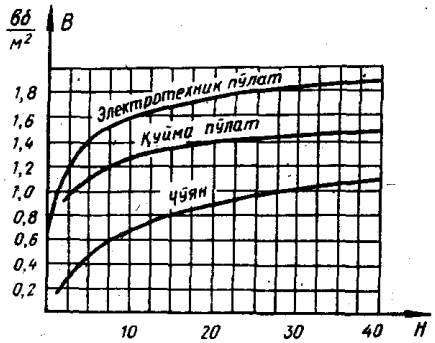
212-расм.

Boshlanrich holatda magnit momenti nol bo'lgan ferromagnetikning magnitlanganlik vektorini tashqi magnit maydonga bog'liqligi 212-rasmda keltirilgan. Grafikdan ko'rinadiki, magnitlanganlik magnit maydon kuchlanganligi ortishi bilan (10.6)

formuladan ham ko'rinadiki, noldan boshlab tez orta boradi, ma'lum qiymatga etgandan keyin maydon kuchlanganligi ortsa ham u o'zgarmaydi, ya'ni magnitlanganlik vektori to'yinish holatiga etadi. Demak, bu vaqtda moddalardagi



213- расм.

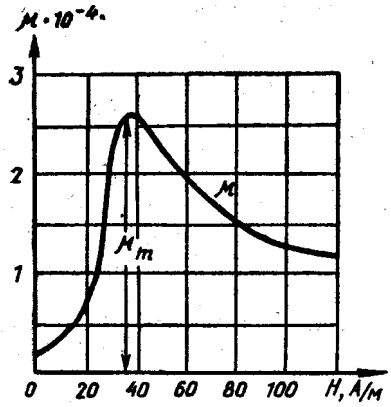


214- расм.

magnit momenti va spin moment vektorlari deyarli to'la orientasiyalangan bo'ladi.

(10.5) orqali ifodalangan magnit maydon induksiya vektorining tashqi maydon kuchlanganligiga bog'liqligi murakkabdir. Magnitlanganlik vektori to'yinganda ham magnit maydon kuchlanganligi hisobiga magnit maydon induksiya vektori orta borishi 213-rasmda, moddalarning tabiatiga bog'liqligi 214- rasmda keltirilgan.

Ferromagnetiklarni xarakterlovchi zarur egrilik bu singdiruvchanlikni tashqi magnit maydon kuchlanganligiga $\mu = \dfrac{B}{\mu_0 H}$ bog'liqligi. Buni birinchi marta yumshoq temir bilan o'tkazilgan tajribada A.S.Stoletov aniqlagan bo'lib, 215-rasmda grafik ravishda ifodalangan. Demak, bu egrilik magnit singdiruvchanlikning ma'lum bir qiymatidan boshlanib, ferromagnit jismlar ham Kyuri va Kyuri-Feys formulasiga bo'ysunadi.



210-расм.

Maksimum qiymatga erishgandan so'ng kamaya borib, asimptotik ravishda uning qiymati birga yaqinlashadi. Ko'pchilik ferromagnetiklarda oddiy temperaturada singdiruvchanlik koeffisientining maksimum qiymati bir necha ming birlik, ba'zi maxsus tayyorlangan qotishmalarda esa milliongacha etadi.

Ferromagnetiklarning qabul kiluvchanligini temperaturaga bog'liqligi murakkabdir. Temperatura pasayishi bilan ferromagnetiklarning qabul qiluvchanligi va singdiruvchanligi pasayib, magnitlanganlik vektorining tuyinish qiymati kamayadi. Ma'lum temperaturadan so'ng ferromagnetik xususiyatlarini yo'qotadilar. Temperaturaning bu qiymatiga Kyuri nuqtasi deyiladi, u (10.9) formula bilan ifodalanadi. Quyidagi 11-jadvalda ba'zi ferromagnetiklarning Kyuri temperaturasi keltirilgan.

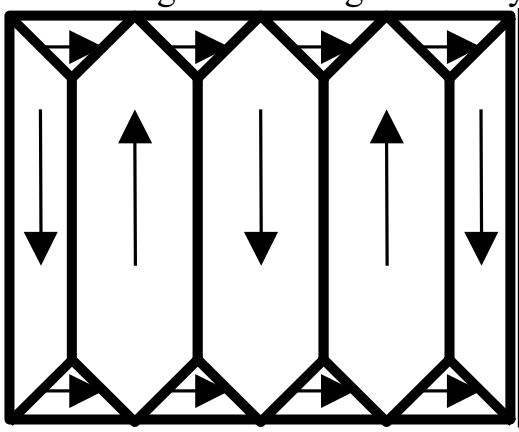
11-jadval

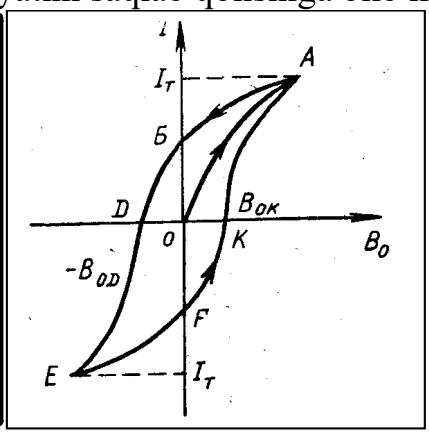
Modda	T_k·K	Modda	T_k·K
Kobalht	1423	Nikelh	633
Temir	1043	30 % permolloy	343
78% li permolloy (22%Fe va 78 % Ni qotishma)	823	Gadoliniy	290

Ferromagnetiklar Kyuri haroratiga ko'ra juda yuqori haroratlarda paramagnetiklarga aylanadi.

Ferromagnetiklarni Kyuri haroratlaridan past haroratda olinsa o'z-o'zidan, ya'ni spontan magnitlanganlikni va ferromagnetikning har bir mikrokristali to'yinishgacha magnitlangan bo'ladi. Bu hol magnit maydon ferromagnetikka ta'sir etmasa ham uning magnitlanishi o'zaro qarama-qarshi bo'ladi. Bu qarama-qarshilikni B.Gozing quyidagicha hal etadi. Har bir mikrokristall spontan magnitlanishda hajmi 10^{-18} m^3 gacha bo'lgan, magnitlanganlik vektori turli yo'nalishda bo'lgan mayda bo'lakchalarga bo'lingan bo'ladi. Bu bo'lakchalar domenlar deyiladi. Ularning magnit maydon ta'sir etgandagi natijaviy magnitlanganliklari nolga teng. Domenlar hosil bo'lganda kristall ichida deyarli undan chiqmaydigan magnit oqimi hosil bo'ladi.

Bu esa spinlarning orientasiyalanishiga imkon berib, tashqi maydon bo'lmaganda ham ferromagnetiklar magnit xususiyatini saqlab qolishiga olib keladi.



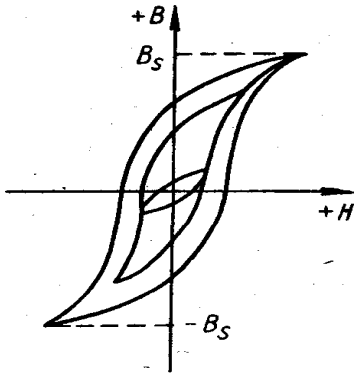


Domenlarning eng oddiy shakli kristallarning kub shaklida tuzilishidir. (216-rasm). L. Landau va E. Lifshislar tomonidan domen tuzilishini ideal bir o'qli kristall shaklida qaragan (217-rasm). 217-rasmdan ko'rinadiki, domenlarning o'zaro chegarasi quyidagi ko'rinishda bo'lishi mumkin: qo'shni domenlarning spinlari o'zaro 90° yoki 180° burchak hosil qiladi. Domenlar chegarasi 30—40 atom diametri qalinligida bo'ladi.

Ferromagnetiklar uchun yuqorida ko'rgan nochiziq bog'lanishlardan tashqari gisterezis hodisasining mavjudligi yanada xarakterlidir.

Agar temir namuna oldindan magnitlanmagan bo'lsa, unga magnit maydon ta'sir eta boshlaganda magnit maydon induksiyasi maydon kuchlanganligining ortishi bilan chiziqli bog'lanishda ortadi (rasmda OA chiziq) (218-rasm). So'ngra maydon kuchlanganligining ortishiga qaramay magnitlanish o'zgarmay qolaveradi (A

nuqtadan keyin). Bu vaqtda magnitlanish to'yinadi. To'yinish yuz berganda barcha molekulyar toklar butunlay maydon bo'ylab joylashadi, shuning uchun tashqi maydonning yanada ortishi bilan bu toklar hosil qilgan maydon boshqa o'zgarmay qoladi. To'yinish holatigacha magnitlangan ferromagnetikda tashqi magnit maydon kuchlanganligini kamaytira boshlasak, u holda magnitlanish va unga moc ravishda induksiya ham kamayadi; biroq u endi grafikda ko'rsatilgan AO chiziq bilan emas, balki AB chiziq orqali kamayadi. Tashqi magnit maydon nolga teng bo'lganda ferromagnetik to'la magnitsizlanmay, ya'ni magnit induksiyasi nolga teng bo'lmaydy. Magnit induksiyasining bu qismiga qoldiq induksiya deyiladi. Bu chizmada OB kesma bo'lib, qoldiq magnitlanish saqlanib qolganligini ko'rsatadi. Uning to'la ravishda magnitsizlanishi uchun $\vec{B}_{oK} = -\vec{B}_{oD}$ ga teng qarama-qarshi yo'nalishdagi tashqi maydon berish zarur. Magnit maydon induksiyasi nolga teng bo'lishi uchun zarur bo'lgan maydon kuchlanganligiga koersitiv (to'xtatuvchi) kuch deb ataladi. Qarama-qarshi maydonni yana kuchaytirishda ferromagnetik qayta magnitlana boshlaydi va to'yinishgacha magnitlanadi (E nuqtagacha). Bunda hosil bo'lgan ABDE egrilikka gisterezis sirtmog'ining suyanchig'i deyiladi. So'ngra ferromagnetikni yana magnitsizlash va qaytadan to'yinishgacha magnitlash mumkin. Magnitlanish va moc ravishda maydon induksiyasi o'zgarishi magnitlovchi tashqi maydon kuchlanganligi o'zgarishidan orqada qolar ekan. Bu hodisaga magnit gisterezis deb, ABDEFKA berk egri chiziq esa gisterezis sirtmog'i deb ataladi.



219-rasm.

Kuzatish jarayonida magnit maydon induksiyasining o'zgarishi, ya'ni magnitlanish vektori ikkala yo'nalishda ham to'yinish qiymatlari oralig'ida bo'lsa, hosil bo'lgan gisterezis sirtmog'iga maksimal deyiladi. Agar induksiya o'zgarishi undan kichik qiymatlar oralig'ida bo'lsa, gisterezis sirtmog'i maksimal sirtmoq ichida bo'lib, uni xususiy sirtmoq deyiladi (219-rasm).

Turli xil ferromagnetiklarning gisterezis sirtmog'ining shakli turlicha bo'ladi. Sirtmoqning shakli materialnnng eng muhim magnit xarakteristikasi hisoblanadi.

Tashqi maydon yo'qotilganida ferromagnetiklar butunlay magnitsizlanmaydi, balki qoldik magnit induksiyasini saqlaydi, chunki issiqlik harakati bunday ko'p atomli to'plamlarni—domenlarni tezda orientirsizlay olmaydi. SHu sababli magnit gisterezis hosil bo'ladi. Ferromagnetikni magnitsizlash uchun koersitiv kuch ta'sir etishi kerak.

Agar magnitni mustahkam materialdan silindr yoki yassi taxtacha shaklida olib, uni magnit maydonga joylashtirib, moddaning koersitiv kuchidan katta kuchgacha magnitlaganimizda olingan jismda moddaning qoldiq magnit maydon induksiyasi namunaning qoldiq magnit maydon induksiyasidan ancha katta bo'lgani uchun u magnitlanadi. SHu tarzda olingan magnitlangan ferromagnit jismlarga doimiy magnit deyiladi. Ular tabiatda magnitlangan temir parchalari sifatida uchrashi mumkin.

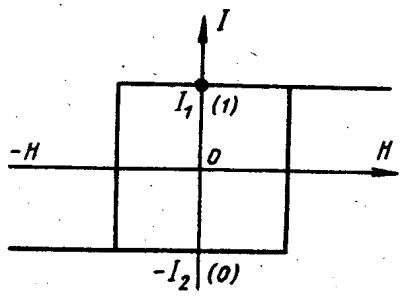
Ferritlar

Fan va texnikaning rivojlanishi natijasida keyingi yillarda yarim o'tkazgichli ferromagnetiklar hosil qilindi. Bularga ferritlar yoki ferromagnetiklar deyiladi. Ferritlar asosan bir yoki ikki valentli metall oksidi bilan temirning Fe_2O_3 oksididan iborat kristall qattiq eritmadir. Ferritning kimyoviy formulasi umumiy holda $(MeO)_x$ $(Fe_2O_3)_{1-x}$ dan iborat. Bunda Me—olingan bir yoki ikki valentli metall.

Juda maydalangan oksidlarni yaxshilab aralashtirib, 1180—1680 K haroratda pishirish orqali ferritlar olinadi. Ferrit rux, qadmiy va boshqalardan iborat bo'lsa, ferromagnit bo'lmaydi, nikelh, nodir er elementlari va boshqalardan iborat bo'lsa, ferromagnit bo'ladi.

Ferritlarning ferromagnit xususiyatga ega bo'lishini Neel quyidagicha tushuntiradi. Spinlari qarama-qarshi yo'nalgan ikki kristall panjara bir-biriga nisbatan siljigan bo'lganligi uchun ularning magnitlanishi noldan farqli bo'ladi.

Ferritlar tarkibini va termin ishlov berishni o'zgartirish orqali magnit xususiyatlarini o'zgartirish mumkin. U holda ferritdagi koersitiv kuch bir necha yuzdan bir (nikelh rux ferritida) qiymatdan to $(2\text{-}3)\times10^5$ A/m gacha (kobalhtli ferritda) o'zgaradi. Induktivligi esa 0,30÷0,40 Tl, solishtirma qarshiligi $1\div10^7$ Om·m oralig'ida o'zgaradi. Bundan ko'rinadiki, ferritlarda induktivlik kichik bo'lgani uchun uyurma toklardan xolidir.



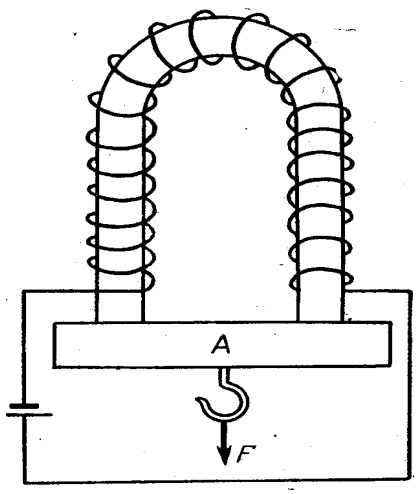
220- расм.

Keyingi vaqtda gisterezis sirtmog'i to'g'ri to'rtburchakdan (220-rasm) iborat bo'lgan magniy-marganesli ferritlar kashf etildi. Bular diametri $(0,5—2)\cdot10^{-3}$m bo'lgan toroidlar shaklida tayyorlanib, elektron hisoblash mashinasida elementlarni xotirada saqlab qolish qurilmalarida ishlatiladi.

Elektromagnit va uning ko'tarish kuchi

Temir o'zakli chekli uzunlikdagi solenoidni yarim doira yoki taqasimon shaklida egsak, hosil bo'lgan qurilmaga elektromagnit deyiladi (221-rasm). Elektromagnit yakori deb ataluvchi temir plastinkani elektromagnit uchlariga uni to'liq yopadigan qilib tutashtiramiz. YAkorni elektromagnitda dh elementar masofaga ajratish uchun unga F kuch qo'yamiz. U vaqtda elementar bajarilgan ish:

$$dA=\left|\vec{F}\right|dh. \qquad (10.10)$$



221- расм.

YAkorh bilan elektromagnit oralig'i juda kichik ochilgan bo'lgani uchun magnit induksiya oqim elektromagnit va yakorh orqali uzluksiz oqib o'tadi. Buning natijasida oraliqda hosil bo'lgan elementar magnit maydon energiyasi

$$dW = \omega_м Sdh = \frac{B^2}{2\mu_0} Sdh \qquad (10.11)$$

hosil bo'ladi. Bu hosil bo'lgan magnit maydon energiyasi energiyaning saqlanish va aylanish qonuniga asosan (10.10) orqali ifodalangan ishga miqdor jihatdan teng, ya'ni:

$$Fdh = \frac{B^2}{2\mu_0} Sdh.$$

Bu ifodadan ajratib oluvchi kuch (miqdor jihatdan elektromagnitning Fk ko'tarish kuchiga teng) ni topsak,

$$F_н = \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu_0} S \qquad (10.12)$$

hosil bo'ladi.

Kuchning mexanikadagi tushunchasidan foydalansak, ya'ni kuch energiyaning koordinata bo'yicha olingan birinchi tartibli xususiy hosilasi (differensiali) ga tengligidan, ya'ni (10.11) ni differensiallaymiz:

$$F = \frac{dW}{dl} = \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu_0} S \qquad (10.12a)$$

(10.12) va (10.12a) ikkalasi ham kuchning bir xil ifodasidir. Bu (10.12) formulalardan ko'rinadiki, elektromagnitning tortish kuchi maydon induksiyasining kvadratiga to'g'ri proporsional bo'lar ekan.

(10.12) da ifodalangan kuchning ifodasi yakorh elektromagnitga yopishib turganda ham o'rinli. Elektromagnitdagi tok kuchi o'zgarmagan holda yakorh bilan elektromagnit orasidagi masofa chekli bo'lganda ham magnit maydon induksiyasi kamayib, tortish kuchini hisoblash murakkablashadi. SHunint uchun elektromagnitlar ko'tarayotgan jism ferromagnit bo'lishi kerak. Agar ferromagnit bo'lmagan jismlarni ko'tarish kerak bo'lsa, bu jismlarni ferromagnit yakorh ostiga osiladi. Elektromagnitlar elektrotexnika va avtomatika, elektromagnit rele, elektromufta, yuk ko'targichlar, tibbiyotda, ilmiy tekshirish ishlarida va boshqa joylarda ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. Moddalarning magnit xususiyatlarini tushuntirib bering?
2. Molekulyar toklar. Magnitlanish vektori deganda nimani tushunasiz?
3. Dia-para-ferromagnetiklar. Para- va diamagnetizmni tushuntirilishi.
4. Ferromagnetiklar. Ferromagnetiklarni magnitlanish jarayoni tushuntirib bering?
5. Gisterezis sirtmog'i deganda nimani tushunasiz?
6. Qoldiq magnitlanish va koertsetiv kuchlar deganda nimani tushunasiz?

7. Ferromagnetizmning tushuntirilishi. Domenlar nazariyasi haqida tushuncha.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

27-maruza. Elektromagnit induktsiya hodisasi. Faradey tajribalari. Induktsion tokning yuzaga kelishi. Induktsiya elektr yurituvchi kuch. Faradey qonuni. Induktsiya EYUK paydo bo'lishining elektron nazariyasi.

Reja:

1. Elektromagnit induktsiya hodisasi. Faradey tajribalari.
2. Induktsion tokning yuzaga kelishi. Induktsiya elektr yurituvchi kuch.
3. Faradey qonuni. Induktsiya EYUK paydo bo'lishining elektron nazariyasi.

Elektromagnit induksiya hodisasi. Faradey ishlari

Daniyalik fizik Ersted 1820 yilda tokning magnit ta'sirini aniqlagandan so'ng, ingliz fizigi Faradey bu kashfiyot bilan tanishgach, modomiki, berk o'tkazgich bo'ylab oqayotgan tok magnitni harakatga keltirar ekan, magnitning harakatlanishi ham berk o'tkazgichda tok hosil qilishi kerak, degan xulosaga keladi. Bu xulosaning to'g'riligini Faradey 1831 yilda ko'p tajribalar asosida tasdiqlaydi. U magnit maydonda sim o'ramli g'altak va galhvanometrdan iborat berk kontur ilgarilanma harakat qilganda yoki burilganda, shuningdek, qo'zg'almas kontur ma'lum vaqt davomida o'zgaruvchan magnit maydonda turganida konturlarda tok hosil bo'lishini aniqladi.

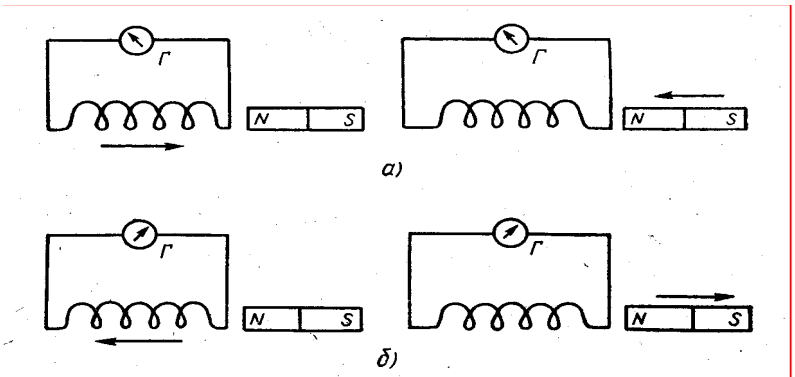
Magnit maydonning o'zgarishi tufayli berk konturda hosil bo'lgan tok induksion tok, hodisaning o'zi esa elektromagnit induksiya hodisasi deb ataladi. Induksion tokni hosil kiluvchi elektr yurituvchi kuch induksion elektr yurituvchi kuch (induksiya-EYuK) deb ataladi.

Faradeynnng induksion tok hosil bo'lishining shartlarini aniqlashga doir tajribalarni ko'rib chiqamiz.

1. Agar magnit kontur ichiga kiritilsa yoki konturdan chikarilsa, berk konturda tok induksiyalanadi, magnit g'altakka yaqinlashtirilganda yoki g'altak magnitga yaqinlashtirilganda ham galhvanometr strelkasi bir tomonga og'adi (g'altak ichidagi magnit oqimi orta boradi), magnitni g'altakdan uzoqlashtirilganda yoki g'altak magnitdan uzoqlashtirilsa (magnit oqimi kamayib boradi) strelka boshqa tomonga oradi, ya'ni magnit induksiya oqimining ortishi yoki kamayishi bilan induksion tok yo'nalishi oldingi holatdan o'zgaradi (139-a, b rasm).

Demak, magnit induksiya oqimining o'zgarishi natijasida induksion tok hosil bo'lar ekan.

Magnit qancha kuchli, uning harakati qancha tez va g'altakdagi sim o'ramlari soni qancha ko'p bo'lsa, induksion tokning kuchi ham shuncha katta bo'ladi. Agar magnitni berk g'altak yaqiniga yoki hatto g'altak ichiga joylashtirsak, magnit ko'zgalmaganda induksion tok hosil bo'lmaydi.



139- расм.

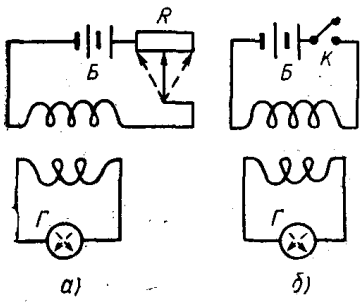
Bundan shunday xulosa chiqadiki, berk konturda induksion tokni hosil qilish uchun birgina magnit maydonning mavjud buliщigina etarli bo'lmay, balki magnit maydon o'zgarishi kerak.

2. Ikki g'altakni yonma-yon qo'yib, ikkinchi g'altakning uchlarini galhvanometrga ulab, birinchi g'altakning uchlarini tok manbaiga ulaylik. Birinchi g'altakdagi tok kuchini R reostat bilan o'zgartirib (140- a rasm), yoki kalit yordamida zanjirga ulab-uzib turilsa (140- b rasm), ikkinchi g'altakda induksion tok hosil bo'lganini ko'rish mumkin. Bu ikkala holda ham ikkinchi g'altakni kesib o'tuvchi magnit induksiya oqimi o'zgaradi, chunki birinchi g'altak zanjirida tok o'zgaradi.

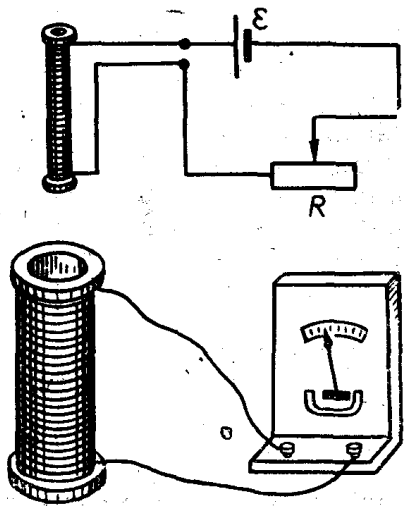
3. Bir g'altak ikkinchi g'altak ichiga joylashishi, unga yaqinlashishi yoki uzoqlashishi mumkin (141-rasm). Katta diametrli g'altakka galhvanometr ulab, berk zanjir hosil qilaylik. Kichik diametrli g'altakka tok manbai, reostat orqali ulab berk zanjir hosil qilib, undagi tok kuchini reostat orqali o'zgartirsak yoki g'altaklarni bir-biriga yaqinlashtirib yoki uzoqlashtirsak, galhvanometr, strelkasi organligini ko'ramiz (uning og'ishi yuqoridagi tajribalardagi kuzatishga moc keladi).

Bu tajribalarga asosan quyidagi xulosaga kelamiz:

1. G'altakning shakli o'zgarmagan holda magnit oqimining har qanday usulda o'zgarishi berk zanjirdagi galhvanometr strelkasining ogishiga olib keladi. Hosil bo'lgan induksion tokning yo'nalishi magnit oqimi yunalishining o'zgarishiga bog'liq.



140- расм.



141- расм.

2. G'altakdagi sim o'ramlar soni ko'p, magnit induksiya oqimining o'zgarishi tez bo'lsa, induksiya hodisasi kuchli bo'ladi.

3. Agar g'altak ichida ferromagnit jism bo'lsa, effekt kuchli bo'ladi. Bundan induksiya hodisasi magnit maydon kuchlanganligiga emas, balki magnit maydon induksiyasiga bog'liq ekanligi kelib chiqadi.

4. Agar effekt kuzatilayotgan konturning faqat qarshiligini o'zgartirsak ham galhvanometr ko'rsatishi o'zgaradi, ya'ni qarshilik ortsa, u kichik qiymatni, qarshiligi kamaysa, katta qiymatni ko'rsatadi.

Demak, hodisa o'tkazuvchanlik tokiga bog'liq bo'lmasdan, balki elektr induksiya maydonining hosil bo'lishiga bog'liq bo'lar ekan. Bu kuzatilgan tajribalarniig hammasida ham elektr maydon kuchlanganlik vektorining hosil bo'lishi kuzatilayapti, bularga asosan Faradey o'zining quyidagi qonunini ta'riflaydi: kuzatilayotgan kontur I bo'yicha olinayotgan elektr maydon kuchlanganligining sirkulyasiyasi shu konturni kesib o'tuvchi magnit induksiya oqimining o'zgarish tezligi orqali aniqlanib, bu sirkulyasiya konturda u hosil bo'layotgan induksion EYUK ga teng:

$$E_i = \oint_l \vec{E}\, d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}\oint_S BdS \qquad (5.1)$$

Bundan magnit induksiya oqimining birligi veberni quyidagicha ta'riflash mumkin: agar berk kontur bilan chegaralangan yuz orqali o'tadigan magnit induksiya oqimi bir sekund ichida nolgacha bir tekis kamayganda konturda bir volht induksiya EYUK hosil bo'lsa, bu magnit induksiya oqimi bir veberga teng bo'ladi.

$$1\,Вб = 1\,B \cdot c$$

R qarshilikka ega bo'lgan konturda hosil bo'layotgan induksion tokning oniy qiymati

$$i = \frac{E_i}{R}$$

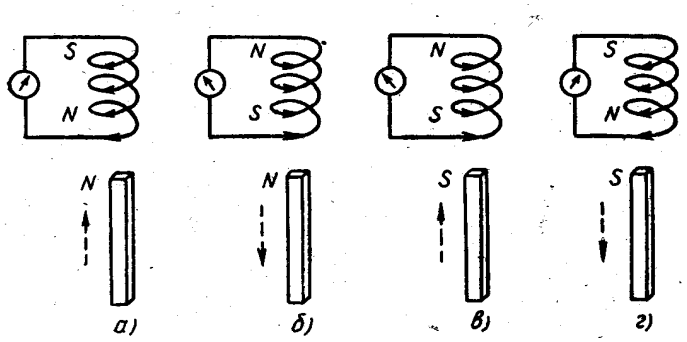
bo'lib, kuzatish davomida konturdan o'tayotgan to'la zaryad miqdori quyidagicha ifodalanadi:

$$q = \int_0^t i dt = -\int_{\Phi_1}^{\Phi_2} \frac{d\Phi}{R} = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R} = -\frac{\Delta\Phi}{R}$$

Demak, zaryad miqdori magnit induksiya oqimining o'zgarish tezligiga bog'liq bo'lmay, balki magnit maydon induksiya oqimining. o'zgarishiga bog'liq bo'lar ekan.

Lens qonuni

E.X. Lens induksion tokning yo'nalishini aniqlash uchun ko'p o'tkazgan tajribalari asosida magnit qutbni g'altakka yaqinlashtirganda g'altakning magnitga yaqin uchida shu qutb bilan bir xil qutb hosil bo'lishini (142- a, v rasmlar), magnitning qutbini g'altakdan uzoqlashtirganda esa g'altakning magnitga yaqin uchida boshqa ismli (qarama-qarshi) qutb hosil bo'lishini aniqladi (142-б, g rasmlar). Bundan induksion tokning magnit maydoni uni hosil qiluvchi magnit maydonning harakatiga qarshilik qilishi ko'rinadi.

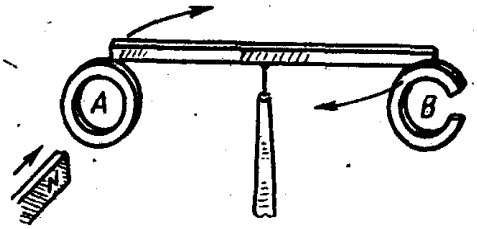


142- расм.

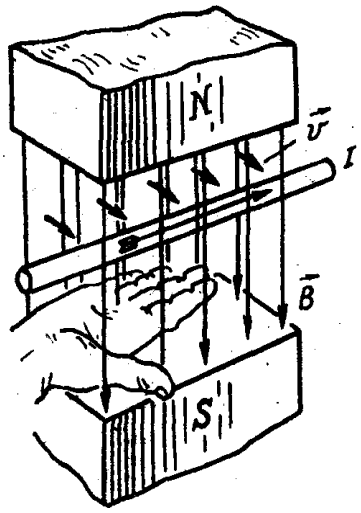
Tajribalar natijalarini

umumlashtirib Lens induksion tok yo'nalishini aniqladi va uning sharafiga Lens qonuni deb atalib, quyidagicha ta'riflanadi: har doim induksion tokning magnit maydon induksiyasi tokning o'zini yuzaga keltirgan magnit maydon induksiya oqimining o'zgarishiga qarama-qarshi ta'sir ko'rsatadi.

143- rasmda Lens qonunini tasdiqlovchi tajribani namoyish qiladigan asbob ko'rsatilgan. Vertikal o'q atrofida erkin aylana oladigan qilib o'rnatilgan sterjenning ikki uchiga biri yaxlit A ikkinchisining uchlari to'tashmagan V ikkita alyuminiy halka o'rnatilgan. YAxlit halkaga magnit yaqinlaщtirilganda, yoki uzoqlashtirilganda xalqadagi erkin elektronlar tashqi magnit maydon ta'sirida tartibli harakatga kelib, berk konturdan o'tayotgan tok kabi induksion tok hosil bo'ladi. Bu tokning magnit maydoni uni hosil qilayotgan magnitning maydoniga qarshi ta'sir ko'rsatadi va natijada sistema harakatga keladi.



143- расм.



144- расм.

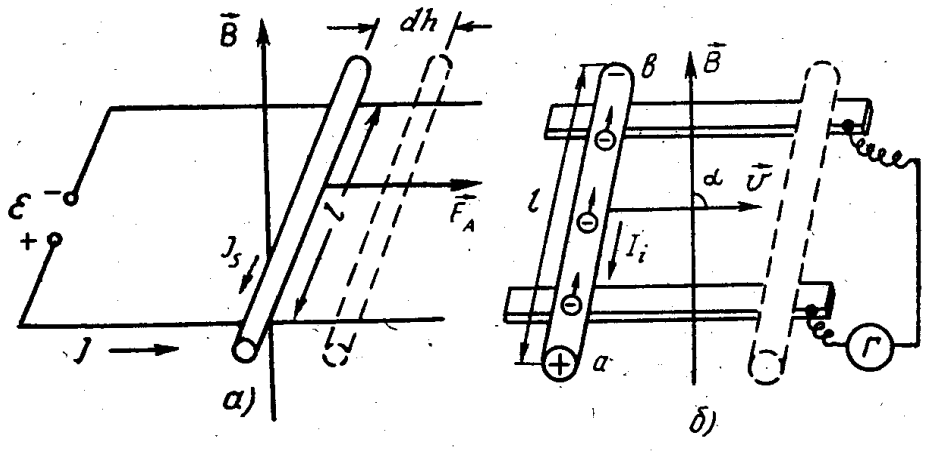
Magnitning uchlari tutashmagan halqaga yaqinlashtirilganda esa sistema harakatlanmaydi, chunki halqadagi erkin elektronlar harakatda bo'lgani bilan, ochik konturdan tok o'tmagani kabi tok hosil bo'lmaydi.

O'tkazgichda hosil bo'lgan induksion tokning yo'nalishini o'ng qo'l qoidasidan foydalanib aniqlanadi. Agar o'ng qo'limizni magnit maydonda magnit induksiya vektori kaftimizga kiradigan qilib, 90° ga kerilgan bosh barmog'imiz esa o'tkazgichning harakat yo'nalishini ko'r-satadigan qilib tutsak, u holda yozilgan to'rtta barmog'imiz induksion tokning yo'nalishini ko'rsatadi (144-rasm).

Lens qonunining ifodasini energiyaning saqlanish qonunidan foydalanib keltirib chiqarish ham mumkin. Buning uchun bir jinsli magnit maydonda unga tik ravishda l uzunlikdagi tokli o'tkazgich amper kuchi ta'sirida harakatlansin (145-a rasm). O'tkazgichning dh masofaga siljishi natijasida A=IdF ish bajaradi. dF — o'tkazgich harakati tufayli kesib o'tilgan induksiya oqimi (dF=Bldh). o'tkazgich qarshilikka ega bo'lganligi uchun Joulh—Lens issiqligi I^2Rdt hosil bo'ladi. Umumiy holda manbaning dt vaqtda bajargan ishi uchun energiyaning saqlanish qonuni quyidagidan iborat bo'ladi:

$$EIdt = I^2Rdt + Id\Phi,$$

bundan tok kuchini aniqlasak,



145- расм.

$$I = \frac{E - \frac{d\Phi}{dt}}{R} = \frac{E + E_i}{R},$$

bu yerda

$$E_i = -\frac{d\Phi}{dt}$$

bo'lib induksion EYUK dir. Bu ifodadagi minus ishora induksion EYUK ning yo'nalishi uni hosil qilayotgan zanjirga ulangan EYUK ga qarama-qarshi yo'nalganligini ko'rsatadi.

Endi zanjirdagi manbani olib o'rniga galhvanometr ulasak (145-b rasm) va o'tkazgichni amper kuchi harakatlantirgan yo'nalishda tashqi kuch ta'sirida harakatlantirsak, galhvanometr zanjirda oldingi tok yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda induksion tok hosil bo'lgan-ligini ko'rsatadi. CHunki bu vaqtda magnit maydonda harakatlanayotgan o'tkazgich tarkibidagi erkin elektronlarga Lorens kuchi ta'sir etib, berk kontur bo'yicha zaryad harakatlanib, zanjirda tok hosil bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Elektromagnit induktsiya hodisasi. Faradey tajribalari.
2. Induktsion tokning yuzaga kelishi. Induktsiya elektr yurituvchi kuch.
3. Faradey qonuni. Induktsiya EYUK paydo bo'lishining elektron nazariyasi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun

qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov “Fizika kursi”, “Fan va texnologiya”, nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev “Fizika kursi”, “O’zbekiston milliy kutubxonasi”, nashriyoti, 2005.

27-maruza. O’zgaruvchan EYUK va o’zguruvchan tok. O’zinduktsiya va o’zaro induktsiya. Uyurma toklar.

Reja:

1. O’zgaruvchan EYUK va o’zguruvchan tok.
2. O’zinduktsiya va o’zaro induktsiya.
3. Uyurma toklar.

O’zinduksiya hodisasi. Ekstra toklar. Induktivlik

Konturni kesib o’tadigan magnit oqimining o’zgarishi ro’y beradigan barcha hodisalarda elektromagnit induksiya hodisasi ro’y beradi.

Kuzatilayotgan konturdan o’tayotgan tok kuchining o’zgarishi konturda qo’shimcha tok kuchi hosil qiladigan konturdagi EYUK ni hosil bo’lishiga olib keladi. Bu hodisaga o’zinduksiya, o’zinduksion EYUKni hosil qiladigan qo’shimcha kuchga o’zinduksiya ekstra toki deyiladi.

O’zinduksiya EYUK i nimalarga bog’liq va u qanday kattaliklar bilan ifodalanadi? Ixtiyoriy nuqtada hosil bo’luvchi magnit induksiya vektori g’altakdan o’tayotgan tok kuchiga to’g’ri proporsional:

$$\Phi = IL .$$

Bunda L — konturning induktivligi bo’lib, konturdan bir birlik tok kuchi o’tganda konturda hosil bo’luvchi magnit induksiya oqimiga son jihatdan teng bo’lgan kattalikdir.

O’zinduksiya hodisasiga (5.3) tenglamani tatbiq etsak,

$$E_S = -\frac{d\Phi}{dt} = -L\frac{dI}{dt} \qquad (5.4)$$

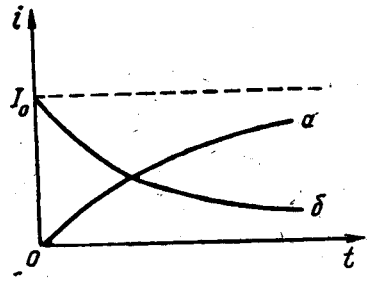
hosil bo’ladi. (5.4) dan ko’rinadiki, o’zinduksiya EYUK tok kuchining o’zgarish tezligiga to’g’ri proporsional bo’lar ekan. (5.4) dan induktivlik

$$L = \frac{E_S}{dI/dt} \qquad (5.5)$$

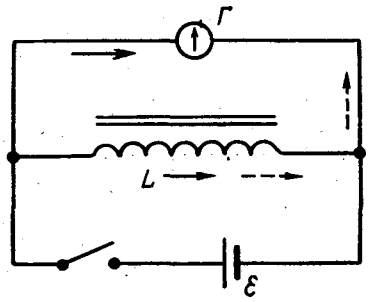
bo’ladi. Bu ifodadan foydalanib, uning birligini aniqlasak, konturdagi tok bir sekundda bir amperga o’zgarganda bir volt o’zinduksiya EYUK i hosil bo’lsa, bu konturning birligini bir genri deyiladi:

$$1\ Гн = \frac{1\,B}{1\,A/1c} = 1\ \frac{B \cdot c}{A},$$

Har qanday konturni tok manbaiga ulagan vaqti tok kuchi eng katta qiymatga erishmaydi, buning uchun ma’lum vaqt o’tadi. Bu vaqtda konturda ulanish ekstratoki hosil bo’ladi (146- rasmdagi a chiziq).



146-расм.



147-расм.

$$i = I_0\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right) \qquad (5.5)$$

Bunda I_0—tokning erishishi zarur bo'lgan maksimal qiymati, R — zanjir qarshiligi, L — induktivlik.

Kalit uzilganda esa tok kuchi nolga teng bo'lishi uchun yana vaqt kerak. Bu vaqtdagi tokka uzilish ekstratoki deyiladi (144-rasmdagi b chiziq). U quyidagicha ifodalanadi:

$$i = I_0 e^{-\frac{R}{L}t} = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad (5.6)$$

Bunda $\tau = \frac{L}{R}$—zanjirning doimiy vaqti deyiladi va u tok kuchini qancha vaqtda e marta o'zgarishini ko'rsatadi. Zanjirning qarshiligi (R) qancha kichik bo'lib, uning induktivligi (L) qancha katta bo'lsa, zanjirdagi tokning kamayuvi shuncha sekin bo'ladi. Ekstratoklarning hosil bo'lishini 147- rasmda keltirilgan sxema asosida tushunish mumkin. Bunda ko'p o'ramli temir o'zakli g'altakka parallel ravishda galhvanometr ulangan. Zanjir tok manbaiga ulanganda manba EYUK yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda g'altakda ulanish induksion EYUK hosil bo'ladi. Bu holdagi tok yo'nalishi rasmda tutash strelka bilan ko'rsatilgan. Zanjirni uzishda esa g'altakda induksiyalangan EYUK g'altakdagi tokni avvalgi yo'nalishini saqlaydi, ammo zanjir manbadan uzilgan bo'lgani uchun uzilish ekstratoki galhvanometr orqali punktir strelka bilan ko'rsatilgan yo'nalishda o'tadi.

G'altak induktivligini hisoblaylik. Uning uzunligi l va umumiy sim o'ramlar soni N ta bo'lsin. U vaqtda uzunlik birligidagi o'ramlar soni $n = \frac{N}{l}$ bo'lib, unda hosil bo'luvchi magnit maydon induksiyasi

$$B = \mu\mu_0 In$$

O'tayotgan oqim:

$$\Phi_1 = BS = \mu\mu_0 nIS$$

Tutinish oqimi:

$$\Phi = N\Phi_1 = \mu\mu_0 n^2 ISl$$

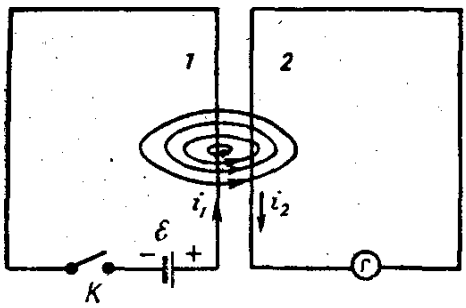
O'zinduksiya EYUK i esa

$$E_S = -\frac{d\Phi}{dt} = \mu\mu_0 n^2 Sl\frac{dI}{dt}$$

bo'lib, uni (5.4) bilan taqqoslasak, induktivlik

$$L = \mu\mu_0 n^2 Sl \qquad (5.7)$$

bo'ladi. Bu ifoda bir qatlam o'ralgan toroid yoki juda uzun solenoid (g'altak) uchun o'rinlidir.



148-расм.

O'zaro induksiya hodisasi

Bir-biridan ma'lum masofada joylashgan ikkita kontur olaylik. Ularning biriga tok manbai, ikkinchisiga esa galhvanometr ulangan bo'lsin (148-rasm). Agar birinchi konturdagi kalitni ulasak, ikkinchi konturda induksion tok

hosil bo'lganligini galhvanometr strelkasining og'ishidan bilamiz. Bunda hosil bo'lgan EYUK tok kuchi eng katta qiymatiga erishguncha orta boradi. Faradey qonuniga asosan bu EYUK E_2 birinchi konturda hosil bo'lgan magnit induksiya oqimi Φ_1 ning o'zgarishiga to'g'ri proporsional bo'lib, konturni kesib o'tadi. Ikkinchidan bu Φ_1 oqim shu birinchi konturdan o'tgan tok kuchiga proporsional bo'ladi, ya'ni

$$E_2 = -\frac{d\Phi_1}{dt} = -M_{12}\frac{di_i}{dt} \qquad (5.8)$$

M_{12}- o'zaro induksiya koeffisienti bo'lib, ikkala konturning geometriyasiga bog'liq. Agar bu konturlardagi manba bilan galhvanometrning o'rinlarini almashtirsak, u vaqtda birinchi konturda hosil bo'luvchi induksion EYUK:

$$E_1 = -M_{21}\frac{di_2}{dt} \qquad (5.8a)$$

Endi bu konturlarni bir-biriga nisbatan cheksizlikdan r masofagacha yaqinlashtiraylik. U vaqtda konturlar bir-birining magnit induksiyasiga kirishi natijasida bajargan ishlari o'zaro teng bo'ladi. Birinchi kontur maydoniga ikkinchi kontur kirganda bajargan ishi $A_{21} = i_1(\Phi_2 - 0)$ va aksincha birinchi kontur ikkinchi kontur maydoniga kirganda bajarilgan ish $A_{12} = i_2(\Phi_1 - 0)$ bo'ladi. U vaqtda

$$i_1\Phi_2 = i_2\Phi_1 \qquad (5.9)$$

Oqimning tok kuchiga to'g'ri proporsional ekanligini hisobga olsak,

$$\Phi_1 = M_{21}i \text{ va } \Phi_2 = M_{12}i_2$$

U vaqtda (5.9) quyidagicha ifodalanadi:

$$i_1 i_2 M_{12} = i_2 i_1 M_{21}$$

bundan

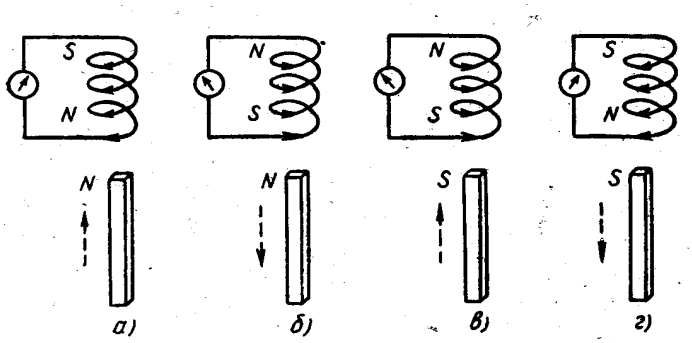
$$M_{12} = M_{21}$$

kelib chiqadi. Har doim bu koeffisientlar o'zaro teng bo'ladi. (5.8) formulalardan ko'rinadiki, o'zaro induksiya koeffisienti ham induktivlik kabi genri hisobida o'lchanadi.

Olingan ikki o'tkazgichning birida tok kuchi bir sekundda bir amperga tekis o'zgarishi natijasida ikkinchi o'tkazgichda bir volht EYUK induksiyalansa, bunday ikkita o'tkazgichning o'zaro induksiyasiga bir genri deyiladi.

Lens qonuni

E.X. Lens induksion tokning yo'nalishini aniqlash uchun ko'p o'tkazgan tajribalari asosida magnit qutbni g'altakka yaqinlashtirganda g'altakning magnitga yaqin uchida shu qutb bilan bir xil qutb hosil bo'lishini (142- a, v rasmlar), magnitning qutbini g'altakdan uzoq-lashtirganda esa g'altakning magnitga yaqin uchida boshqa ismli (qarama-qarshi) qutb hosil bo'lishini aniqladi (142-б, g rasmlar). Bundan induksion tokning magnit maydoni uni hosil kiluvchi magnit maydonning harakatiga qarshilik qilishi

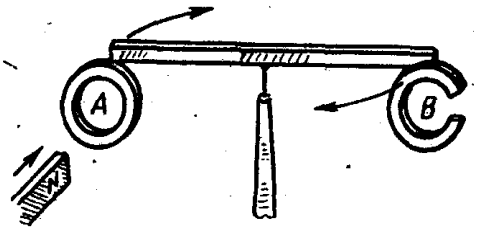


142- расм.

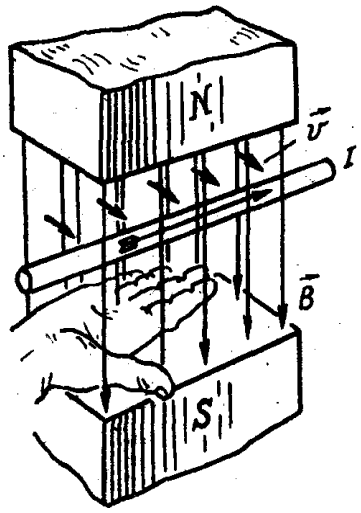
ko’rinadi.

Tajribalar natijalarini umumlashtirib Lens induksion tok yo’nalishini aniqladi va uning sharafiga Lens qonuni deb atalib, quyidagicha ta’riflanadi: har doim induksion tokning magnit maydon induksiyasi tokning o’zini yuzaga keltirgan magnit maydon induksiya oqimining o’zgarishiga qarama-qarshi ta’sir ko’rsatadi.

143- rasmda Lens qonunini tasdiqlovchi tajribani namoyish qiladigan asbob ko’rsatilgan. Vertikal o’q atrofida erkin aylana oladigan qilib o’rnatilgan sterjenning ikki uchiga biri yaxlit A ikkinchisining uchlari to’tashmagan V ikkita alyuminiy halka o’rnatilgan. YAxlit halkaga magnit yaqinlaщtirilganda, yoki uzoqlashtirilganda xalqadagi erkin elektronlar tashqi magnit maydon ta’sirida tartibli harakatga kelib, berk konturdan o’tayotgan tok kabi induksion tok hosil bo’ladi. Bu tokning magnit maydoni uni hosil qilayotgan magnitning maydoniga qarshi ta’sir ko’rsatadi va natijada sistema harakatga keladi.



143- расм.



144- расм.

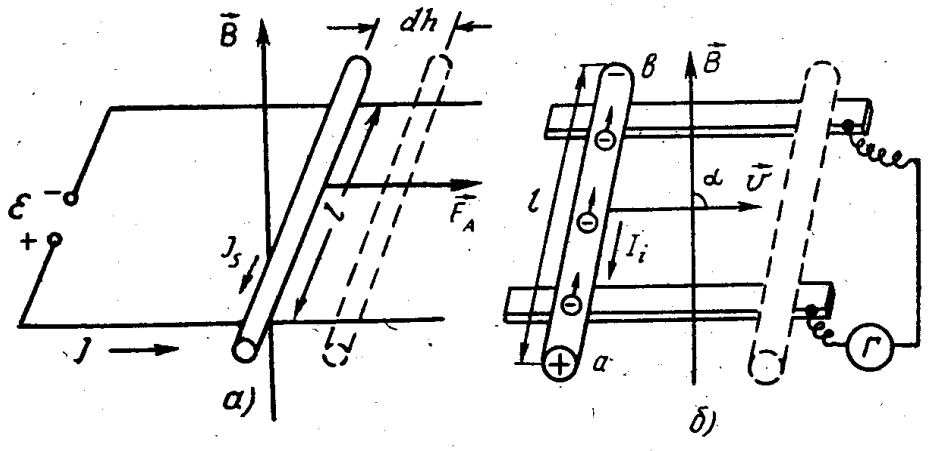
Magnitning uchlari tutashmagan halqaga yaqinlashtirilganda esa sistema harakatlanmaydi, chunki halqadagi erkin elektronlar harakatda bo’lgani bilan, ochik konturdan tok o’tmagani kabi tok hosil bo’lmaydi.

O’tkazgichda hosil bo’lgan induksion tokning yo’nalishini o’ng qo’l qoidasidan foydalanib aniqlanadi. Agar o’ng qo’limizni magnit maydonda magnit induksiya vektori kaftimizga kiradigan qilib, 90° ga kerilgan bosh barmog’imiz esa o’tkazgichning harakat yo’nalishini ko’r-satadigan qilib tutsak, u holda yozilgan to’rtta barmog’imiz induksion tokning yo’nalishini ko’rsatadi (144-rasm).

Lens qonunining ifodasini energiyaning saqlanish qonunidan foydalanib keltirib chiqarish ham mumkin. Buning uchun bir jinsli magnit maydonda unga tik ravishda l uzunlikdagi tokli o’tkazgich amper kuchi ta’sirida harakatlansin (145-a rasm). O’tkazgichning dh masofaga siljishi natijasida A=IdF ish bajaradi. dF — o’tkazgich harakati tufayli kesib o’tilgan induksiya oqimi (dF=Bldh). o’tkazgich qarshilikka ega bo’lganligi uchun Joulh—Lens issiqligi I^2Rdt hosil bo’ladi. Umumiy holda manbaning dt vaqtda bajargan ishi uchun energiyaning saqlanish qonuni quyidagidan iborat bo’ladi:

$$EIdt = I^2Rdt + Id\Phi,$$

bundan tok kuchini aniqlasak,



145- расм.

$$I = \frac{E - \frac{d\Phi}{dt}}{R} = \frac{E + E_i}{R},$$

bu erda

$$E_i = -\frac{d\Phi}{dt},$$

bo'lib induksion EYUK dir. Bu ifodadagi minus ishora induksion EYUK ning yo'nalishi uni hosil qilayotgan zanjirga ulangan EYUK ga qarama-qarshi yo'nalganligini ko'rsatadi.

Endi zanjirdagi manbani olib o'rniga galhvanometr ulasak (145-b rasm) va o'tkazgichni amper kuchi harakatlantirgan yo'nalishda tashqi kuch ta'sirida harakatlantirsak, galhvanometr zanjirda oldingi tok yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda induksion tok hosil bo'lgan-ligini ko'rsatadi. CHunki bu vaqtda magnit maydonda harakatlanayotgan o'tkazgich tarkibidagi erkin elektronlarga Lorens kuchi ta'sir etib, berk kontur bo'yicha zaryad harakatlanib, zanjirda tok hosil bo'ladi.

Nazorat savollari

1.Elektromagnit induktsiya hodisasi
2. Faradey tajribalari.
3. Induktsion tokning yuzaga kelishi. Induktsiya elektr yurituvchi kuch.
4. Faradey qonuni. Induktsiya EYUK paydo bo'lishining elektron nazariyasi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str

5. Savelyev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.

28-maruza. Magnit maydon energiyasi. O'zinduktsiya hodisasi. Zanjirni ulash va uzishda o'zinduktsiya. Transformatorlar. O'zinduktsiya natijasida zanjirda tokning yo'qolishi va tiklanishi.

Reja:

1. Magnit maydon energiyasi.
2. Zanjirni ulash va uzishda o'zinduktsiya.
3. Transformatorlar. O'zinduktsiya natijasida zanjirda tokning yo'qolishi va tiklanishi.

Magnit maydoi energiyasi va uning zichligi

Agar o'tkazgichdan o'zgarmas tok o'tib tursa, bilamizki induktivlik katta bo'lganda ham Joulh — Lens qonuniga muvofiq o'tkazgichda shu tok kuchining kvadratiga proporsional issiqlik miqdori — ichki energiya

$$Eidt = i^2 Rdt \qquad (5.10)$$

ajralib turadi. Ammo zanjir ulanishi bilan tok kuchi asta-sekin orta borsa, uning atrofidagi magnit maydon oqimi ham ko'payib boradi, bu oqim o'zgarishi natijasida induksiya qonuniga muvofiq o'tayotgan tok yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan induksiya tokini hosil qiladi.

O'tkazgichdagi elektr maydon energiyasi magnit maydon energiyasiga aylanadi. Induktivligi L bo'lgan zanjirdan o'tayotgan barqaror tok uchun Om qonuni

$$i = \frac{E - L\dfrac{di}{dt}}{R}$$

Bu ifodani har ikkala tomonini iRdt ga ko'paytirsak,

$$i^2 Rdt = iEdt - iLdi$$

kelib chiqadi. Bu ixtiyoriy olingan zanjirda energiyaning saqlanish qonunini. ifodalaydi. Bu ifodadagi Lidi o'zgarmas tok zanjiridagi energiyaning saqlanish qonunidan farqli bo'lib, induksiya hodisasi tok bilan bog'liq bo'lgan magnit induksiya oqimini hosil. qilish uchun elementar bajarilgan ishni ifodalaydi. Agar t vaqt davomida tok kuchi noldan I gacha o'zgarsa, bu vaqtda umumiy bajarilgan ish

$$A = \int_0^t Li\,di = L\frac{I^2}{2} \qquad (5.11)$$

bo'ladi. Bu ish tokning magnit maydonini hosil qilishda bajarilgan ishdir. Tok ulangan vaqtda magnit maydon yo'qolib, jamg'arib olingan energiya W=A zanjirga ekstratoklar, uchqun, yoy va boshqa energiya ko'rinishida qaytariladi. (5.11) formulani kinetik energiya $\frac{m\upsilon^2}{2}$ formulasi bilan solishtirsak, jism massasi rolini induktivlik o'ynayotganligini ko'ramiz, demak induktivlik elektr zanjirining inertlik o'lchovi bo'lib hisoblanadi. (5.11) da zanjirda tok kuchini barqaror bo'lishi uchun EYUK sarflanishida ajralib chiqadigan Joulh— Lens issiqligi hisobga olinmaydi.

Maydonni xarakterlovchi kattaliklar orqali magnit maydon energiyasini ifodalaylik. Buning uchun juda uzun solenoid olaylik. Uning induktivligi (5.7) ga asosan

$$L = \mu\mu_0 n^2 Sl = \mu\mu_0 n^2 V$$

bunda V = Sl solenoid hajmi va N=p1 larni hisobga olsak (5.11) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$W = \mu\mu_0 \frac{H^2}{2} V \qquad (5.12)$$

Olingan solenoidning ichidagi magnit maydoni bir jinslidir, chunki u juda uzun. SHuning uchun magnit maydon energiyasi solenoid hajmi bo'yicha tekis taqsimlangan deb qarash mumkin. U vaqtda magnit maydon energiya zichligi

$$\omega_m = \frac{W}{V} = \mu\mu_0 \frac{H^2}{2} \qquad (5.13)$$

Magnit maydon kuchlanganligi bilan maydon induksiyasi orasidagi bog'lanishni ($B = \mu\mu_0 H$) e'tiborga olsak, (5.12) quyidagi ko'rinishlarda ifodalanadi:

$$\omega_m = \frac{BH}{2} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} \qquad (5.13a)$$

Bu ifodani 18- § da ifodalangan elektr maydon energiya zichligi bilan taqqoslasak, ko'rinishi va mazmuni bir xil bo'lib, elektr kattaliklar o'rnida magnit kattaliklar ishtirok etmoqda.

Agar kuzatilayotgan magnit maydon o'zgaruvchan bo'lsa, magnit maydon energiyasini hisoblash uchun (5.12), (5.13) formulalarni hajm bo'yicha integrallashimiz kerak, ya'ni:

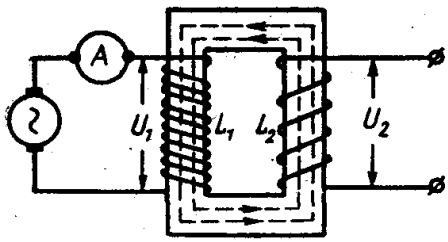
$$W = \int_V \omega \, dV = \int \mu\mu_0 \frac{H^2}{2} dV \qquad (5.14)$$

Transformator

Ko'pgina elektr apparatlarini va asboblarini ishlatishda turli kuchlanishdan foydalanishga to'g'ri keladi. Hatto ayni bir elektr apparatining o'zida tokning turli kuchlanishlari kerak bo'lib qoladi. Masalan, radiopriyomnikda lampani cho'g'lantirish uchun bir necha volhtgina, uning kuchaytirgichining ishlashi uchun esa byar necha yuz volht kuchlanish kerak bo'ladi. Vaholanki, ko'pincha ixtiyorimizda muayyan kuchlanishli bittagina tarmoq bo'ladi. SHu sababli o'zgaruvchan tokni o'zgartirishga to'g'ri keladi. Ayni bir chastotaning o'zida o'zgaruvchan tok kuchlanishi bilan tok kuchini bir vaqtda o'zgartirish o'zgaruvchan tokni transformasiyalash deyiladi.

O'zgaruvchan tokni transformasiyalaydigan asbob transformator deyiladi. Transformatorning ishlashi elektromagnit induksiya hodisasiga asoslangan.

Transformator bir-biridan izolyasiyalangan po'lat plastinalardan yasalgan berk o'zak va unga kiydirilgan ikki g'altakdan iborat bo'lib, g'altaklar bir-biri bilan tutashmaydi (191-rasm).



191-расм.

O'zak berk ramka shaklida bo'lib, maxsus po'latning alohida plastinkalaridan yig'iladi, po'latning bu navi qayta magnitlanishda kam qiziydi. o'zgaruvchan tok zanjiri ulanadigan L_1 g'altak birlamchi chulg'am, elektr energiyasi iste'molchilari

ulanadigan L_2 g'altak esa, ikkilamchi chulg'am deyiladi. Birlamchi chulg'amdan o'tayotgan o'zgaruvchan tok Transformatorning o'zagida o'zgaruvchan magnit oqimi hosil qiladi, bu oqim ikkilamchi chulg'amda o'zgaruvchan induksiya EYUK ni vujudga keltiradi.

Agar birlamchi chulg'amni o'ramlar soni N_1 kam, ikkilamchi chulg'amni o'ramlar soni N_2 ko'p qilib olinsa, ikkilamchi chulg'amda kuchlanish yuksaladi. Bu transformator yuksaltiruvchi transformator bo'ladi.

Agar birlamchi chulg'amning o'ramlar soni ko'p, ikkilamchi chulg'am o'ramlar soni kam qilib olinsa (191-rasmdagidek), ikkilamchi chulg'amda kuchlanish pasayadi. Bu transformator pasaytiruvchi transformator bo'ladi.

Transformatorning ikkala chulg'amini ayni bir magnit oqimi kesib o'tadi, shuning uchun o'ramning qaysi chulg'amga tegishli bo'lishiga qaramay, har bir o'ramda birday EYUK vujudga keladi:

$$E_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} = N_1 \omega \Phi_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$E_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = N_2 \omega \Phi_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

SHunday qilib, chulg'amlarda vujudga keladigan EYUK larning nisbati chulg'amlardagi o'ramlar soni nisbatiga teng bo'ladi:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

bu yerda E_1 — birlamchi va E_2 — ikkilamchi chulg'amlardagi EYUK bo'ladi.

Birlamchi chulg'amga qo'yilgan U_1 kuchlanish bilan E_1 EYUK yig'indisi birlamchi chulg'amdagi potensialning tushishiga teng bo'lishi kerak:

$$U_1 + E_2 = I_1 R_1$$

bu erda R_1— chulg'amning aktiv qarshiligi, I_1— chulg'amdagi tok kuchi. Odatda chulg'amning aktiv qarshiligi juda kichik bo'ladi, shuning uchun $I_1 R_1$ hadni hisobga olmasa ham bo'ladi. SHu sababli

$$U_1 = |E_1| = N_1 \omega \Phi_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Transformatorning ikkilamchi chulg'ami ochiq bo'lganda (bunda $I_2 = 0$ bo'ladi), uning uchlaridagi kuchlanish quyidagiga teng: $U_2 = E_2$

Bulardan foydalanib, quyidagi munosabatni yozish mumkin:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad (8.28)$$

ya'ni Transformatorning birlamchi o'rami uchlaridagi kuchlanishning ikkilamchi o'rami uchlaridagi kuchlanishga nisbati birlamchi g'altak o'ramlar sonining ikkilamchi g'altak o'ramlari soniga nisbatidek bo'lar ekan.

K kattalik transformasiya koeffisienti deb ataladi. Agar K > 1 bo'lsa, transformator pasaytiruvchi $U_1 > U_2$, K < 1 bo'lsa, yuksaltiruvchi $U_1 < U_2$ transformator bo'ladi.

Transformatorning ikkilamchi chulg'amiga iste'molchi ulansa, energiya birlamchi zanjirdan ikkilamchi zanjirga uzluksiz ravishda o'tib turadi. Energiyaning saqlanish qonuniga binoan, ikkilamchi zanjirdagi tokning quvvati birlamchi zanjirdagi tokning quvvatiga teng bo'lishi kerak, ya'ni

$$I_1U_1 = I_2U_2 \text{ yoki } P_1 = P_2$$

bundan

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \qquad (8.29)$$

kelib chiqadi. Demak, transformator yordamida kuchlanish necha marta orttirilsa, tok kuchi shuncha marta kamayadi yoki aksincha. (8.28) va (8.29) munosabatlarga asoslanib, quyidagini yozish mumkin:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \qquad (8.30)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, transformatorning birlamchi va ikkilamchi g'altaklaridagi nagruzka toklari, shu g'altaklardagi o'ramlar soniga teskari proporsional bo'ladi. CHulg'amlarda va o'zakda issiqlik ajralib chiqishi tufayli va energiyaning boshqa xil isroflari mavjud bo'lishi tufayli (8.29) munosabat taxminan bajariladi.

Quyidagi

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2U_2}{I_1U_1} \qquad (8.31)$$

munosabat transformatorning FIK ni bildiradi. Hozirgi zamon qudratli transformatorlarida bu koeffisient 94—99 foizga etadi.

Elektr energiyasini olisga uzatish

Elektr energiyasini boshqa xil energiyalardan afzalligi shundaki, uni olis joylarga juda qisqa vaqtda uzatish mumkin.

Elektr energiyasi olis joylarga uzatilganda uzatish liniyalarida energiya sezilarli miqdorda isrof bo'ladi, chunki tok uzatish o'tkazgichlari orqali o'tganda ularni qizdiradi. Joulh — Lens qonuniga muvofiq, o'tkazgich simlarini qizdirish uchun sarf bo'ladigan energiya miqdori

$$Q = I^2Rt$$

formula bilan aniqlanadi, bu yerda R o'tkazgich qarshiligi. Elektr energiyasini uzatish foydaliroq bo'lishi uchun o'tkazgichlarni qizdirishga ketadigan issiqlik energiyani mumkin qadar kamaytirish kerak. Joul-Lens qonuni bu masalani hal qilishning ikki yo'lini ko'rsatib beradi:

1) Energiya o'tkazgich simlarining qarshiligini kamaytirish kerak. Buning uchun yo'g'on simlar ishlatish kerak. Lekin turmuщda buni amalga oshirib bo'lmaydi chunki o'tkazgichning qarshiligini necha marta kamaytirilsa, uning massasi shuncha marta ortadi. Qimmat turadigan rangli metallarni bunchalik ko'p sarflashga yo'l qo'yib bo'lmaydi. Bundan tashqari, og'ir simlarni baland minoralarga o'rnatish bilan bog'liq bo'lgan va boshqa kiyinchiliklar ham tug'iladi,

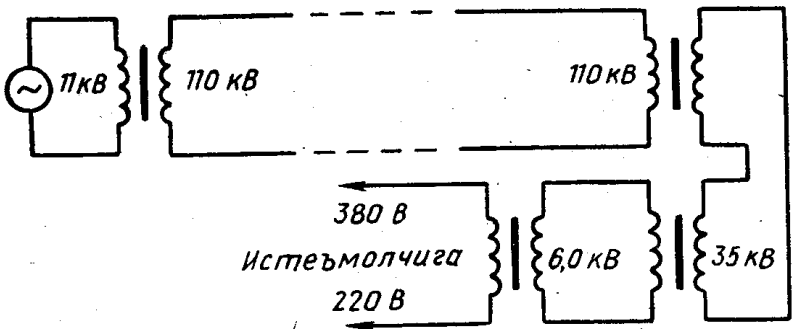
2) Uzatish o'tkazgichlaridagi tok kuchini kamaytirish kerak. Ammo tok quvvatini

saqlash uchun tok kuchini faqat kuchlanishni oshirish yo'li bilangina kamaytirish mumkin.

Elektr energiyasi o'zatish o'tkazgichlari orasidagi kuchlanish qancha yuqori bo'lsa, u shunchali foydali bo'ladi, chunki $P = IU$ quvvat formulasidan ko'rinishicha, tok kuchi shuncha kamayadi va o'tkazgichlardagi isrof tok kuchi kattaligining kvadratiga proporsional ravishda kamayadi.

88- paragrafda ko'rganimizdek, transformator yordamida o'zgaruvchan tokning uzatiladigan quvvatini o'zgartirmagan holda uning kuchlanishini o'zgartirish mumkin. SHu sababli, xozirgi zamon sharoitida elektr energiyasini olisga uzatishni transformatorsiz amalga oshirish mumkin emas.

Elektr energiyasini olisga uzatish sxemasini quyidagicha tasavvur qilish mumkin (192- rasm). Elektr stansiyasiga yuksaltiruvchi transformator o'rnatiladi. Yuqori kuchlanishli tok energiyasi iste'molchiga uzatiladi. Iste'molchi oldiga pasaytiruvchi transformatorlar o'rnatiladi. SHunday qilib, iste'molchi elektr energiyadan hayot uchun xavfsiz va izolyasiyaning maxsus usullarini talab etmaydigan normal kuchlanishdan foydalanadi.



192-расм.

Nazorat savolnomalari

1. Elektromagnit induktsiya hodisasi. Faradey tajribalari.
2. Induktsion tokning yuzaga kelishi. Induktsiya elektr yurituvchi kuch.
3. Faradey qonuni. Induktsiya EYUK paydo bo'lishining elektron nazariyasi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti,

2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov “Fizika”, “Aloqachi” , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. “Elektr va magnetizim”, “Iqtisod-moliya”, nashriyoti, 2007.

29-maruza. O’zaroinduktsiya. Lents qonuni. Elektromagnit induktsiyaning asosiy qonuni. Induktivlik. Solenoidning induktivligi. Muhitning magnit doimiysi

Reja:

1. O’zaroinduktsiya. Lents qonuni.
2. Elektromagnit induktsiyaning asosiy qonuni.
3. Induktivlik. Solenoidning induktivligi. Muhitning magnit doimiysi

O’tgan asrning 60-yillarida Maksvell elektr va magnit hodisalarining yagona nazariyasini yaratdi. Bu nazariyani elektromagnit maydon nazariyasi deb ataladi. Maksvell nazariyasining asosida elektr va magnit maydonlarining o’zaro uzviy bog’lanishda ekanligini ifodalovchi ikkita muhim g’oya yotadi:

1. Vaqt davomida o’zgaruvchi har qanday magnit maydon elektr maydonni yuzaga keltiradi;
2. Vaqt davomida o’zgaruvchi har qanday elektr maydon esa magnit maydonni yuzaga keltiradi.

Birinchi g’oyaning to’g’riligini elektromagnit induksiyasi hodisasi tasdiqlaydi.

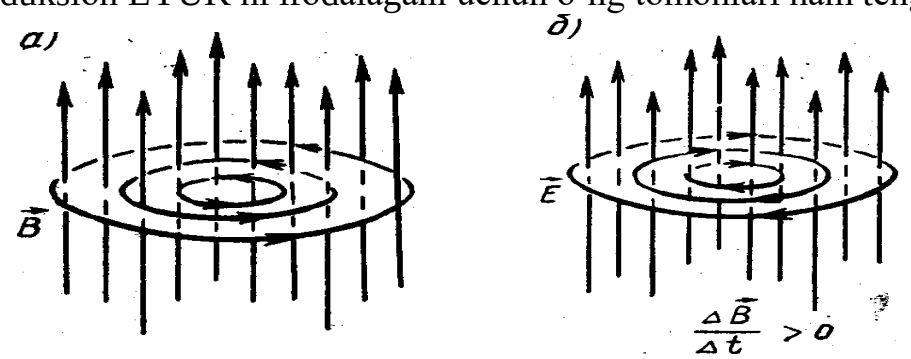
Bizga ma’lumki, elektromagnit induksiya hodisasiga binoan induksion tok vaqt o’tishi bilan o’zgaradigan magnit maydondagi qo’zg’almas kontur yoki vaqt o’tishi bilan o’zgarmaydigan magnit maydonda harakatlanuvchi konturda hosil bo’ladi, ya’ni induksion EYUK

$$E_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}\int_S B_W dS = \int\left(\frac{dB}{dt}\right)_n dS \qquad (9.1)$$

bo’lib, ikkinchidan maydon kuchlanganlik vektorining sirkulyasiyasiga teng edi:

$$E_i = \oint_l E_l dl. \qquad (9.1a)$$

(9.1) formuladagi $\vec{B}$ vaqtga ham, koordinataga ham bog’liq. Bu ikkala ifoda ham induksion EYUK ni ifodalagani uchun o’ng tomonlari ham teng:



$$\oint E_l dl = \int \left(\frac{dB}{dt} \right) dS.$$

(9.2)

(9.2) Maksvell elektromagnit nazariyasining asosiy tenglamalaridan biridir. Bundan, magnit maydonining o'zgarishi bilan konturda elektr zaryadlariga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlarni yuzaga kelishi ko'rinadi. Bu tashqi kuchlar konturda ro'y berishi mumkin bo'lgan kimyoviy issiqlik jarayonlari ham, va Lorens kuchlari ham bo'lishi mumkin emas. Demak, induksion tok konturida hosil bo'luvchi elektr maydoni tufayli yuzaga keladi, hamda qo'zg'almas o'tkazgichdagi elektr zaryadlarni tartibli harakatga keltiruvchi elektr maydonni bevosita o'zgaruvchi magnit maydon yaratadi, deb ayta olamiz. Biroq bu elektr maydon biz shu vaqtgacha tilga olib kelgan elektrostatik maydondan farq qiladi. Elektrostatik maydonni elektr zaryadlari hosil qiladi, bu maydon potensial harakterdagi maydon bo'lib, uning kuchlanganlik chiziqlari zaryaddan boshlanib zaryadda tugar edi. Magnit maydon o'zgarganda yuzaga keladigan elektr maydon esa magnit maydonning induksiya chiziqlariga o'xshash berk chiziqlardir. (193-a va b rasmlar) Bu maydon uyurmaviy elektr maydon deb ataladi. Demak, elektr maydon potensial va uyurmaviy ko'rinishda hosil bo'lar ekan. Maksvellning ikkinchi g'oyasi, ya'ni elektr maydonning vaqt o'tishi bilan o'zgarishi, magnit maydonni yuzaga keltirishi lozimligi haqidagi fikri ham juda samarali chiqdi.

Buni elektromagnit to'lqinlarning ochilishi, elektr maydonning vaqt o'tishi bilan o'zgarishi magnit maydonni yuzaga keltirishni tasdiqlovchi asosiy faktorlardan biridir.

Ularning harakat tenglamasi quyidagicha

$$E = E_9 \sin\omega t \ \ ва \ \ H = H_0 \sin\omega t.$$

Bu maydon ma'lum yo'nalishda tarqalayotgan bo'lgani uchun u o'z tarqalish yo'nalishida yana muhitning navbatdagi nuqtasini ham garmonik tebrantiradi. Uning harakati 0 nuqtaga nisbatan $\tau = \frac{x}{v}$ vaqtga kechiqadi. Bu nuqtaning harakat tenglamasi

$$E = E_9 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right) = E_0 \sin(\omega t - kx).$$

(9.3)

Xuddi shu kabi

$$H = H_0 \sin(\omega t - kx). \qquad (9.3a)$$

Bu (9.3), (9.3a) tenglamalar yassi to'lqin tenglamalaridir. $k = \frac{2\pi}{\lambda}$-to'lqin soni.

Davriy ravishda o'zgaradigan elektromagnit maydonning fazoda tarqalish jarayoniga elektromagnit to'lqin deyiladi.

Elektromagnit to'lqinda elektr va magnit maydonlarning oniy taqsimlanishi 194-rasmda ifodalangan. Bulardan ko'rinadiki, elektr va magnit maydonlarning yuqoridagi vaqt bo'yicha o'zgarish qonuniyatlari bir xil ekan, demak, ular bir xil

fazadadir.

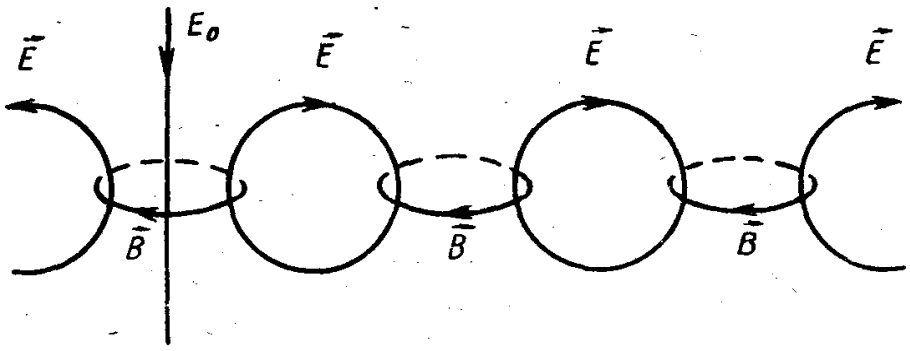
SHunday qilib, Maksvell elektr va magnit maydonlar bir-biriga chambarchas bog'langanligini nazariy yo'l bilan asoslab berdi. Elektr maydon kuchlanganligining o'zgarish tezligi $\frac{dE}{dt}$ qancha katta bo'lsa, bu elektr maydonga bog'liq ravishda vujudga keladigan magnit maydon ham shuncha kuchli bo'ladi. Xuddi shuningdek, magnit maydon induksiyasi vektorining o'zgarish tezligi qancha $\frac{dB}{dt}$ katta bo'lsa, magnit maydon bilan bog'liq ravishda hosil bo'lgan elektr maydon ham shuncha kuchli bo'ladi. Demak, o'zaruvchan magnit maydon bilan to'lgan fazo ayni vaqtda o'zgaruvchan elektr maydon bilan ham to'lgan bo'ladi, degan xulosa chiqadi.

Elektr maydon bilan magnit maydon o'rtasidagi o'zaro bog'lanish kashf qilingandan keyin bu maydonlar bir-biridan holi, bir-biridan mustaqil mavjud bo'la olmasligi ayon bo'lib qoldi.

O'zgaruvchan magnit maydon hosil qilinar ekan, ayni bir paytda fazoda o'zgaruvchan elektr maydon hosil bo'lmay iloji yo'q va aksincha, o'zgaruvchan magnit maydonsiz o'zgaruvchan elektr maydon mavjud bo'la olmaydi. Bu ikkala o'zgaruvchan maydon hamisha bir-biri bilan bog'langan bo'lib, ular birgalikda elektromagnit maydonni tashkil qiladi.

Elektromagnit maydon uyurma xarakterga ega: vujudga keltirayotgan maydonning kuch chiziqlari vujudga kelayotgan maydonning kuch chiziqlari bilan konsentrik o'rab olingan. Natijada o'zaro «o'ralgan» elektr va magnit maydonlar sistemasi hosil bo'ladi (195- rasm).

1. Demak, elektr maydonning kuchlanganligi elektromagnit nurlanish

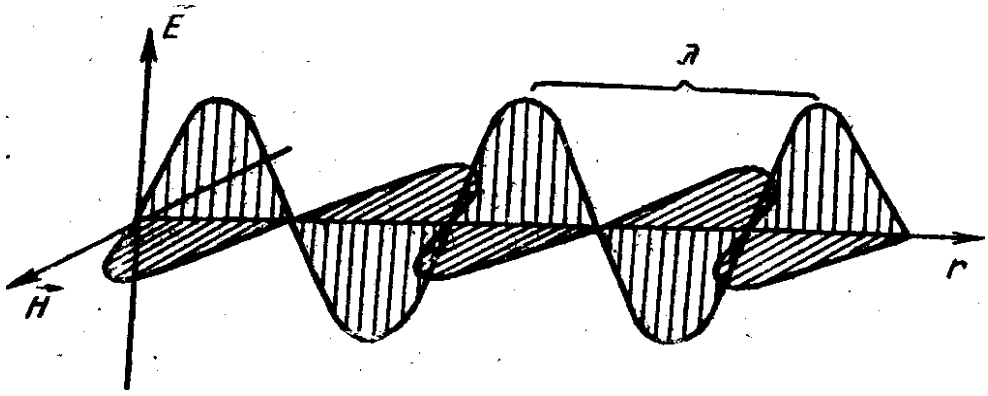


195-расм.

yo'nalishiga perpendikulyar tebranadi.

2. Magnit maydonning kuchlanganligi elektromagnit nurlanish yo'nalishiga va elektr maydonning kuchlanganligiga perpendikulyar tebranadi.

SHunday qilib, $\vec{E}, \vec{H}$ va elektromagnit to'lqinlarning tarqalish yo'nalishi o'zaro perpendikulyardir.



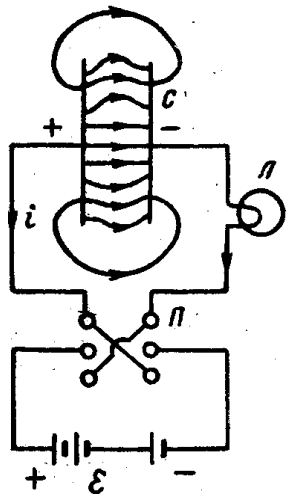
196-расм.

3. Elektr va magnit maydon kuchlanganliklari bir xil fazada tarqaladi, ya'ni fazoning mazkur nuqtasida bu maydon kuchlanganliklari bir vaqtda ortadi, bir vaqtda kamayadi, xatto nolga ham teng bo'lib qoladi.

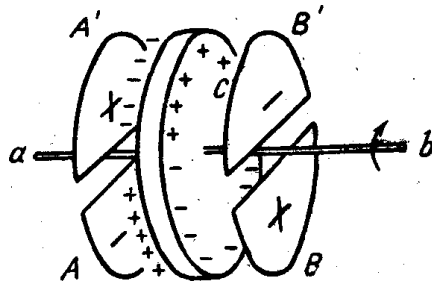
SHunday qilib, elektromagnit maydon faza jihatidan moc kelgan ikki to'lqindan iborat ko'ndalang elektromagnit to'lqin — elektr (ya'ni elektr maydon kuchlanganligi to'lqinlari) va magnit (magnit maydon kuchlanganligi to'lqinlari) to'lqinlari ko'rinishida tarqaladi (196-rasm).

Siljish toki

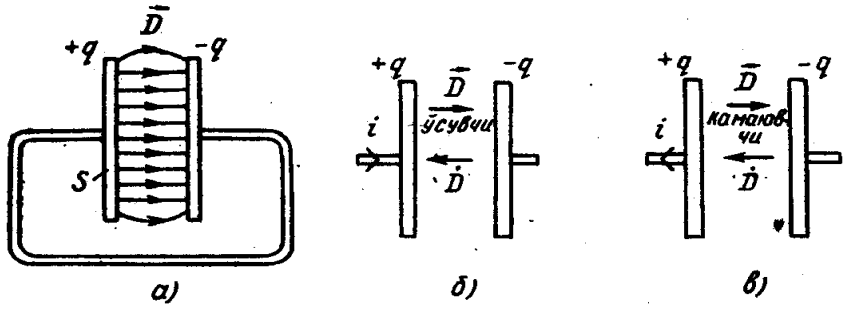
O'zgarmas tok zanjirida tok bo'lishi uchun zanjir berk va uning hamma nuqtasida elektr o'tkazuvchanlik bo'lishi kerak. O'zgaruvchan toklar uchun bu shart bajarilishi shart emas. Elektromagnit induksiya hodisasini qaraganimizda magnit maydon fazoda o'zgarishi bilan uyurmali elektr maydon hosil bo'lishini ko'rgan edik. Maksvell elektr va magnit maydonlar orasida o'zaro teskari bog'lanish, ya'ni elektr maydon kamayishi bilan Magnit maydon va aksincha, hosil bo'ladi degan fikrni aytadi. YUqorida ko'rganimizdek, uyurmali elektr maydon hosil bo'lishi bilan dielektrik yoki vakuumda mavjud bo'lgan kondensatorlar orqali tok o'tadi. Bu tokni Maksvell siljish toki deb atagan.



197-расм.



198-расм.



199- расм.

Siljish tokining hosil bo'lish mexanizmini A.A.Eyxenvalhd o'tkazgan quyidagi tajriba asosida tushuntirish mumkin. U dielektrikdan yasalgan S diskni uning markazidan o'nga tik ravishda o'tkazilgan a v o'q atrofida, 197-rasmda ko'rsatilgandek qarama-qarshi ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan A, A', V, V' yarim disklar orasida aylanma harakat qiladi. U vaqtda A' va V' yarim disklar orasida elektr maydon o'ngdan chapga yo'nalgan bo'ladi. Rasmda ko'rsatilgan yo'nalishda a v o'q atrofida S disk aylantirilganda diskning a v o'qdan o'tishida S diskning yuqori qismini chap tomoni manfiy, o'ng tomoni musbat, o'qdan pastki tomondagi diskning o'ng tomoni musbat va chap tomoni manfiy zaryad bilan zaryadlanib a v o'q tekisligidan o'tishda S diskdagi manfiy zaryadlar o'ngdan chapga, musbat zaryadlar esa chapdan o'ngga harakatlanib, dielektrik molekulalaridagi zaryadlar siljishini hosil qiladi, bu esa o'z navbatida chapdan o'ngga oquvchi siljish tokini hosil qiladi.

Eyxenvald siljish toki ham magnit maydon hosil qilishini tajribada aniqlagan.

Siljish toki o'zgaruvchan tok zanjiridagi kondensatorda ham hosil bo'ladi. Buning uchun quyidagi 198-rasmda ko'rsatilgan sxemaning ishlash prinsipi bilan tanishib chiqaylik. Zanjirda manba (E), qayta ulagich (P), zanjirda tok bor-yo'q ekanligini kuzatish lampochkasi (L) va kondensator (S) mavjud. Birinchi navbatda zanjirga doimiy tok manbaini qancha vaqt ulab qo'ysak ham lampochka yonmaydi. CHunki, kondensator bo'lganligi uchun zanjir berk emas. Ikkinchi navbatda qayta ulagich yordamida tok yo'nalishini o'zgartirib turamiz. Bu vaqtda zanjirda o'zgaruvchan elektr va magnit maydonlar hosil bo'ladi. Qayta ulagichni ulaganimizda o'tkazgichlardan qisqa vaqt tok o'tib, kondensator zaryadlanadi va qoplamalar orasida elektr maydon induksiya vektori mavjud bo'ladi (199-a rasm). Kondensator zaryadlanib bo'lgandan so'ng qayta ulagichni ikkinchi tomonga ulasak, kondensator qayta zaryadlanib o'tkazgich orqali yana qisqa muddat oldingiga teskari yo'nalishda tok o'tadi. Qayta ulagichni har safar ulaganimizda o'tkazgichda impulhs hosil bo'lib, qisqa muddatda lampochka yonadi. Zanjirni o'zgaruvchan tok manbaiga ulasak, lampochkaning yonib-o'chishi sezilmay qoladi. Demak, o'zgarmas tok o'tmagan zanjirdan o'zgaruvchan tok o'tayapti. CHunki, konturni har bir uzilishida kondensator qoplamalari orasida vaqt bo'yicha o'zgaruvchi elektr maydon yoki siljish toki hosil bo'ladi. SHunday qilib, metall

simdagi o'tkazuvchanlik toki dielektrikdagi siljish toki bilan ulanib ketadi. Kondensator qoplamalari yaqinida o'tkazuvchanlik tok zichligi

$$j = \frac{I}{S} = \frac{d\sigma}{dt} \qquad (9.4)$$

bo'ladi. $\sigma = \frac{q}{S}$ — zaryadning sirt zichligi.

Siljish toki chiziqlari ham o'tkazuvchanlik toki muhitlari kabi bo'lishi uchun siljish tokining zichligi $j = \sigma$ bo'lishi kerak. Haqiqatda dielektrikdagi $D = \varepsilon_0 E = \sigma$, undan $D = \sigma$ ni (9.4) bilan taqqoslasak,

$$j_c = D \qquad (9.5)$$

199- a rasmdan ko'rinadiki, o'tkazuvchanlik va siljish toki zichligi vektorlarining yo'nalishi elektr maydon induksiya vektori bilan moc tushadi. 199-b rasmdan ko'rinadiki, zaryad ishoralari va o'tkazuvchanlik toki va uning zichlik vektorlari chapdan o'ngga yo'nalgan. Demak, induksiya vektorining ortishi va uning yo'nalishi ham o'tkazuvchanlik toki zichligi $(\vec{j})$ vektori bilan moc tushadi. 199-v rasmdan ko'rinadiki, tok yo'nalishining o'zgarishi bilan induksiya vektori miqdor jihatidan kamayadi. SHunday qilib, $\vec{D}$ vektor o'tkazuvchanlik tok zichligi yo'nalishida o'ngdan chapga qarab yo'nalgan. Bunga asosan (9.5) ni vektor tarzida yozishimiz mumkin:

$$\vec{j}_c = \vec{D} \qquad (9.6)$$

Siljish toki o'zgaruvchan bo'lganligi uchun u o'z atrofida magnit maydon hosil qiladi. Zanjirdan o'tayotgan umumiy tokning zichligi siljish va o'tkazuvchanlik toki zichliklarining yig'indisiga teng:

$$\vec{j} = \vec{j}_y + \vec{j}_c = \vec{j}_y + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}. \qquad (9.7)$$

(9.7) dan tokni yaxshi o'tkazuvchi (metallar) moddalarda va kichik chastotada siljish toki zichligining vektori hisobga olinmasdan, o'tkazuvchanlik toki zichligi vektori katta bo'lib, umumiy tok zichligini o'tkazuvchanlik toki zichligidan iborat deb qarash mumkin. Elektrni yomon o'tkazuvchi muhitda va yuqori chastotada siljish toki asosiy rolni o'ynaydi.

Bulardan ko'rinadiki, siljish toki mavjud bo'lishi uchun o'zgaruvchan elektr maydon hosil bo'lishi kerak, siljish toki bo'lsa, o'zgaruvchan magnit maydon hosil bo'ladi. Demak, o'zgaruvchan elektr va magnit maydonlar har doim uzviy ravishda bir-birlarini hosil qiladi. Bular fazoda tarqalib elektromagnit to'lqinni hosil qiladi.

Nazorat savolnomalari

1.O'zaroinduktsiya hodisasi deganda nimani tushunasiz?
2.Lents qonunini tushuntirib bering?
3. Elektromagnit induktsiyaning asosiy qonuni.
4. Induktivlik deganda nimani tushunasiz?
5. Solenoidning induktivligi. Muhitning magnit doimiysi deganda nimani tushunasiz?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

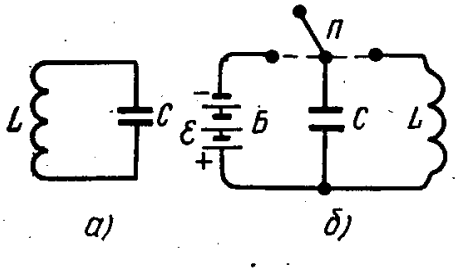
1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

30-maruza. Xususiy elektr tebranishlar. So'nish bo'lmagandagi elektr tebranishlar. Xususiy elektr tebranishlar tenglamasi. So'nish bo'lgandagi elektr tebranishlar.

Reja:
1. Xususiy elektr tebranishlar.
2. So'nish bo'lmagandagi elektr tebranishlar.
3. Xususiy elektr tebranishlar tenglamasi. So'nish bo'lgandagi elektr tebranishlar.

Erkin elektromagnit tebranishlarni hosil qilish

Elektr zaryadi, kuchlanish, tok kuchi, shuningdek, elektr va magnit maydonlarining davriy ravishda (yoki deyarli davriy ravishda) o'zgarib turish jarayoniga elektromagnit tebranishlar deb ataladi.



158- расм.

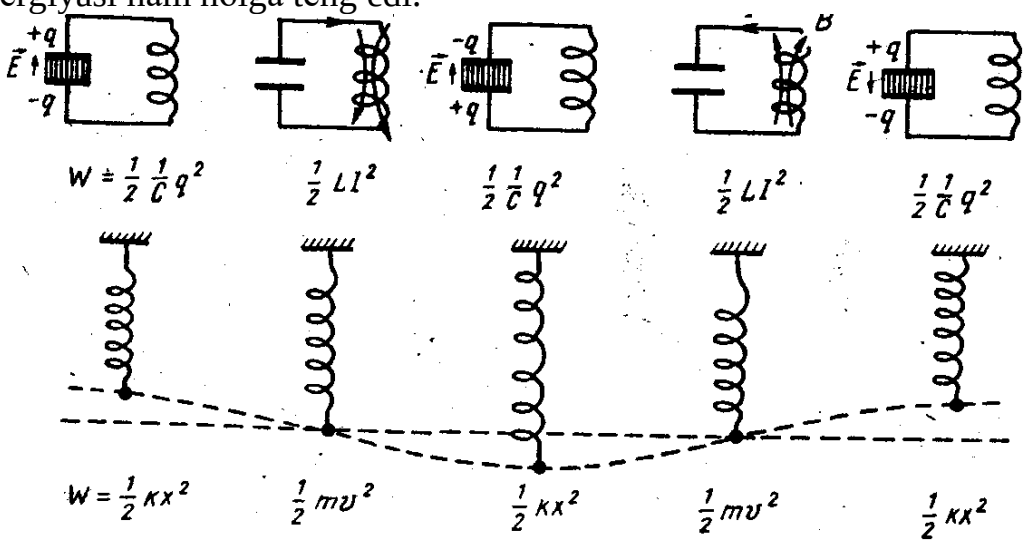
Elektromagnit tebranishlarni tebranish konturida hosil qilish mumkin. S kondensator va L induktivlik g'altagidan tuzilgan elektr zanjiri tebranish konturi deb ataladi (158-a rasm). Konturning aktiv qarshiligi juda kichik, ya'ni deyarli nolga teng deb qaraladi.

Konturda elektromagnit tebranishlarini hosil qilish uchun dastlab kondensatorni zaryadlash kerak. Buning uchun konturni L qayta ulagich yordamida B batareyaga ulaymiz (158-a rasm).

So'ngra kondensatorni batareyadan ajratsak, uning qoplamalarida ma'lum miqdorda qarama-qarshi ishorali zaryad to'planadi.

Konturda qanday qilib elektromagnit tebranishlar yuzaga kelishini yaqqolroq tasavvur qilish uchun konturdagi tebranishlarni prujinali mayatnik tebranishlari bilan taqqoslab boramiz. 159-rasmda tebranish konturi va prujinali mayatnik

tasvirlangan. Kondensator zaryadlanmagan va konturda tok bo'lmagan vaqtda konturning elektr energiyasi ham, magnit energiyasi ham nolga teng bo'ladi. Muvozanat vaziyatida tinch turgan mayatnikning mexanik (potensial va kinetik) energiyasi ham nolga teng edi.



Vaqtning dastlabki $t_0 = 0$ paytida kondensatorga q zaryadni beramiz. Kondensator qoplamalari orasida elektr maydon hosil bo'ladi (159-a rasm). Bu vaqtda kontur kondensatorni zaryadlash uchun bajarilgan ish bilan o'lchanadigan va kondensatorni elektr maydon energiyasi $\frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}$ ga teng energiya zapasiga ega bo'ladi. Kondensator qoplamalariga zaryad berish prujinali mayatnikni tashqi kuch ta'sirida muvozanat holatidan chetga chiqarilishi va uning muvozanat holatidan x og'ishiga moc keladi. Bunda prujina $\frac{kx^2}{2}$ ga teng bo'lgan elastik deformasiyaning potensial energiyasiga ega bo'ladi.

Bundan keyingi paytda kondensator g'altak orqali razryadlana boshlaydi. Konturda vaqt o'tishi bilan ortib boruvchi I tok paydo bo'ladi, g'altakda esa magnit maydon yuzaga keladi. Kondensator razryadlangan sari uning elektr maydoni zaiflashadi, g'altakning magnit maydoni esa kuchayadi. Vaqtning $t_1 = \frac{T}{4}$ paytida kondensator to'la razryadlanadi, elektr maydon energiyasi nolga teng bo'ladi, tok eng katta qiymatga erishib, magnit maydon energiyasi esa maksimal qiymatga ega bo'ladi. Konturning butun elektr maydon energiyasi g'altakning magnit maydon energiyasidan $\frac{LI^2}{2}$ iborat bo'ladi (159-b rasm). Bu bosqich mayatnikda kvazielastik kuch nolga teng va mayatnik energiyasi tufayli harakatni davom ettirishga moc keladi. Bu vaqtda mayatnikning energiyasi butunlay kinetik energiyaga aylanadi va energiya $\frac{m\upsilon^2}{2}$ ifoda orqali aniqlanadi.

Kondensatordagi zaryadlar nolga teng bo'lishi bilan tok ham nolh bo'lishi kerak edi, ammo tok nolh bo'lmaydi bu paytda tok uzilgandek voqea bo'lib induksion g'altakdagi magnit maydon oqimi kamaya boradi. Lens qoidasiga asosan tok uzilishida shu kamaygan tok yo'nalishida elektr tok — o'zinduksiya toki hosil

bo'ladi, shunday qilib magnit oqimi kamaya boradi, uning energiyasi $\frac{LI^2}{2}$ nolga intiladi. Bu induksion tok bo'lishi uchun manfiy zaryadi nolh bo'lib qolgan neytral qoplamadan yana elektronlar chiqib, tok hosil qilishida davom etadi, natijada ilgari manfiy zaryadli qoplamadan endi elektron chiqqani uchun musbat zaryadlar ortiqcha bo'lib, u musbat, avval manfiy zaryadlangan qoplama esa endi musbat qoplama bo'lib, kondensator qoplamalardagi zaryadlar turi almashinadi.

Vaqtning $t_2 = \frac{T}{2}$ paytida (159-v rasm) kondensator qoplamalari qarama-qarshi ishorali zaryad bilan to'la qayta zaryadlanadi, tok kuchi esa nolga teng bo'ladi. Natijada, konturning magnit maydon energiyasi yana kondensatorning elektr maydon energiyasiga aylanadi. Biroq bunda elektr maydonning yo'nalishi uning t_0 paytdagi yo'nalishiga qarama-qarshi bo'ladi. Vaqtning bu paytiga prujinali mayatnikning tebranishlarida uning potensial energiyasi eng katta bo'lgan eng pastki vaziyati to'g'ri keladi.

SHundan keyin jarayon teskari tartibda takrorlanadi (159-g, d rasm). Oqibat natijada $t_4 = T$ paytida kontur boshlang'ich holatga qaytadi, mayatnik esa eng yuqori vaziyatga o'tadi va yuqoridagi ko'rib o'tilgan jarayonlar yana takrorlanadi.

SHunday qilib, konturda T davrli elektr tebranishlar vujudga keladi. Davrning birinchi yarmi davomida tok bir yo'nalishda, davrning ikkinchi yarmi davomida esa qarama-qarshi yo'nalishda oqadi.

Konturdagi elektr tebranishlar vaqtida kondensatorda elektr maydon energiyasi va induksiya g'altagida esa magnit maydon energiyasi davriy ravishda o'zaro bir-biriga aylanib turadi. Bu xuddi mayatnikning mexanik tebranishlarida mayatnik potensial va kinetik energiyalarining o'zaro bir-biriga aylanishi singari bo'ladi. Bunday taqqoslashda mayatnikning potensial energiyasi kondensatorning elektr maydon energiyasiga, mayatnikning kinetik energiyasi esa g'altak magnit maydonining energiyasiga, mayatnikning harakat tezligini konturdagi tok kuchiga o'xshatish mumkin. Mayatnik inersiyasi rolini g'altakning induktivligi, mayatnikka ta'sir kiluvchi ishqalanish kuchi rolini konturning aktiv qarshiligi o'ynaydi.

Tebranuvchi sistemaning o'zida paydo bo'ladigan kuchlar (kvazielastik kuchlar) ta'sirida hosil bo'ladigan mexanik tebranishlar xususiy tebranishlar deb atalar edi. Xuddi shunga o'xshash konturda unga biror energiya zapasi berganda hosil bo'ladigan va konturda vujudga keladigan tok bilan tutib turiladigan elektromagnit tebranishlar xususiy yoki erkin elektromagnit tebranishlar deb ataladi. Bu vaqtda konturning aktiv qarshiligini nolh deb qaraladi. Mexanikada erkin tebranishlar garmonik bo'lgani kabi erkin elektromagnit tebranishda zaryad harakatining vaqtga bog'liqligi garmonik bo'lib, quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$q = q_0 \cos(\omega t - \varphi) \qquad (7.1)$$

Demak, zaryad miqdorining davriy o'zgarishi kosinusoidal yoki sinusoidal bo'ladi, chunki bu funksiyalar o'zaro almashinuvchi funksiyalardir.

Yuqoridagi mulohazalardan ko'rinadiki, tebranish davomida energiya turlarining yig'indisi doimiy bo'ladi.

Mexanik so'nmas tebranishda to'liq energiya kinetik va potensial energiyalar yig'indisiga teng

$$W = W_к + W_п = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = const$$

bo'lsa, so'nmas elektr tebranishda elektr va magnit maydon energiyalar yig'indisiga teng:

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2}$$

bo'ladi. Ayrim paytlarda, masalan, kondensatorda $q = 0$ bo'lgan vaqtda, to'liq energiya tokning magnit maydon energiyasi $\frac{LI^2}{2}$ ga teng bo'ladi. Kondensatordagi zaryad maksimum bo'lganda ($I = 0$ bo'lib, $q = q_0$) to'liq energiya $\frac{q^2}{2C}$ bo'ladi. Tebranish jarayonida energiyalar o'zaro almashinib tebranish so'nmaydi.

(7.1) dan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilasi $\dot{q}$ zaryadning o'zgarish (ortishi yoki kamayishi) tezligini berib, o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzi orqali vaqt birligida o'tgan elektr miqdorini ifodalaydi, bu fizik kattalik tok kuchi deb yuritiladi, ya'ni

$$i = \frac{dq}{dt} = \dot{q} \qquad (7.2)$$

(7.2) tenglamaga zaryadning (7.1) orqali qiymatini qo'ysak,

$$i = \frac{d}{dt}\left[q_0 \cos(\omega t - \varphi)\right] = -q_0\omega \sin(\omega t - \varphi) = I_0 \cos\left(\omega t - \varphi + \frac{\pi}{2}\right) \qquad (7.2a)$$

chiqadi. Bu ifodadan yoki 160- rasmdagi grafikdan ko'rinadiki, har ikkala kattalik zaryad va tok kuchi ham kosinusoidani berib, tok fazasi zaryad fazasidan $\frac{\pi}{2}$ ga oldinda boradi, ya'ni t = 0 bo'lsa q = 0, $i = I_0$ bo'ladi.

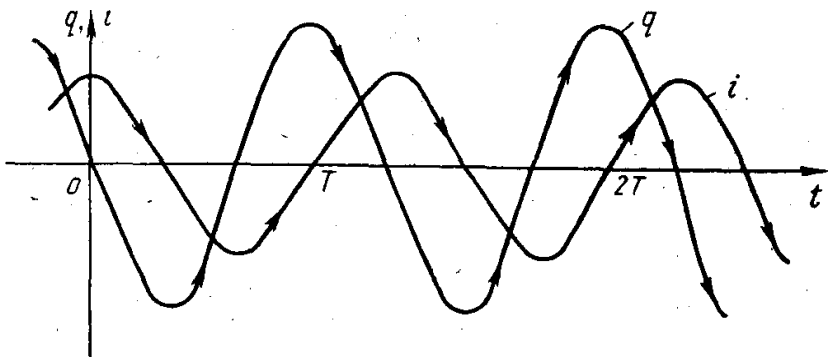
Xuddi zaryad va tok kuchi kabi, kondensator qoplamalaridagi kuchlanish ham garmonik o'zgaradi:

$$U = \frac{q_0}{C}\cos(\omega t - \varphi) = U_0 \cos(\omega t - \varphi) \qquad (7.2b)$$

Demak (7.1) va 7.26) dan ko'rinadiki, zaryad va kuchlanish bir xil fazada bo'lar ekan. Bu haqda «o'zgaruvchan tok» mavzusida kengroq to'xtalib o'tamiz.

Erkin elektromagnit tebranishlar davri va chastotasi

Konturdagi kondensator qoplamalariga berilgan $(\pm q)$ **zaryad elektr energiyasining razryadlanishidagi magnit maydon energiyasiga va aksincha, aylanib turishiga xususiy yoki erkin elektromagnit tebranishlar deyiladi. Qancha ko'p energiya sistemaga berilgan bo'lsa (kondensator va g'altakdan iborat sistemaga) konturdagi tebranish amplitudalari ham shuncha katta bo'ladi.**



Kondensator qoplamlaridagi zaryad yoki konturdagi tok bir marta to'liq tebranishi uchun ketgan vaqt oralig'iga elektromagnit tebranishlar davri deb ataladi. Konturdagi elektr tebranishlarni kvazi elastik kuch ta'sirida $(-kx)$ **tebranayotgan moddiy nuqtaning tebranishlariga o'xshatish mumkin. YUqorida qayd qilganimizdek (77) uzluksiz ravishda moddiy nuqtaning** $\frac{kx^2}{2}$ **potensial energiyasi** $\frac{m\upsilon^2}{2}$ **kinetik energiyaga aylanib turadi va aksincha.** $\frac{kx^2}{2}$ **va** $\frac{m\upsilon^2}{2}$ **energiyalarni konturdagi tebranish energiyasi bilan solishtirsak,** $\frac{kx^2}{2}$ **konturning** $\frac{q_0^2}{2C}$ **potensial energiyasiga,** $\frac{m\upsilon^2}{2}$ **esa g'altakdagi o'zinduksiya** $\frac{LI^2}{2}$ **magnit maydon energiyasiga mos keladi (159-rasm). Elektr va magnit maydonlarning o'zaro bir-biriga aylanib turishi garmonik qonun (sinusoida yoki kosinusoida)ga ko'ra ro'y beradi.**

Vaqtning dastlabki momenti t=0 da qoplamalardagi zaryad $\pm q$ bo'lsin. Kalit ulangach (158-rasm) razryadlanish boshlanib, konturda I tok g'altakda esa

$$E_{инд} = -L\frac{dI}{dt}$$

O'zinduksiya elektr yurituvchi kuch vujudga keladi. Kirxgofning ikkinchi qoidasiga ko'ra ixtiyoriy berk konturdagi kuchlanish tushishlarining yig'indisi elektr yurituvchi kuchga teng. Konturda R=0 bo'lganligi sababli potensial tushuvi faqat kondensator qoplamalaridagina ro'y beradi xolos; bu esa g'altakda vujudga kelgan o'zinduksiya EYUK ga teng.

Vaqtning keyingi paytlarida qoplamalardagi potensial $\frac{q}{C}$ ga teng bo'lganligidan Kirxgofning ikkinchi koidasi

$$E_{инд} = \frac{q}{C} = -L\frac{dI}{dt} \qquad (7.3)$$

ifodadan iborat bo'ladi. Biroq konturdagi tok

$$I = \frac{dq}{dt} \qquad (7.4)$$

ga teng. U holda (7.4) ni yana bir marta differensiallasak, konturdagi zaryadning o'zgarishini ifodalaydigan vaqtga ko'ra ikkinchi tartibli differensial tenglamani hosil qilamiz:

$$L\frac{d^2q}{dt^2}+\frac{1}{C}q=0 \qquad (7.5)$$

Bu tenglama mexanikadagi kvazi kuch ta'siridagi m massali moddiy nuqtaning erkin tebranish tenglamasi:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+kx=0 \qquad (7.6)$$

ko'rinish jihatidan o'xshashdir. SHu sababli (7.5) ning echimi ham shakl jihatidan (7.5) ning echimi bilan o'xshash bo'ladi. Faqat (7.6) dagi m va k larni (7.5) ni L va $\frac{1}{C}$ lar bilan taqqoslash mumkin. U holda konturning tebranish chastotasi:

$$\omega_0=\sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{va} \quad \omega_0=\sqrt{\frac{1}{LC}}$$

ga teng bo'ladi. $\frac{1}{\omega_0}=2\pi\sqrt{LC}=T$ tebranish davriga teng bo'lib, ingliz fizigi V.Tomson tomonidan aniqlangan. (7.5) ning echimi quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$q=a\cos(\omega_0 t-\varphi)=a\cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}-\varphi\right)$$

Yuqoridagi oxirgi ifodadan ko'rinib turibdiki, tok ham garmonik qonunga ko'ra o'zgaradi:

$$I=\frac{dq}{dt}=-a\omega_0\sin(\omega_0 t-\varphi)$$

O'zgargani bilan faza jihatidan zaryaddan $\frac{\pi}{2}$ ga farq qiladi:

$$I=a\omega_0\sin\left(\omega_0 t-\varphi+\frac{\pi}{2}\right)$$

q zaryad va I tok ifodasidagi a va φ lar boshlang'ich shartlardan aniqlanadi: t=0, $q=q_0$ va I=0 shu sababli

$$q_0=a\cos(-\varphi)=a\cos\varphi$$

$$0=a\omega_0\cos\left(\frac{\pi}{2}-\varphi\right)=a\omega_0\sin\varphi$$

So'nggi sistemaning ikkinchisi o'rinli bo'lishi uchun $\omega_0 a\neq 0$ bo'lganligidan $\sin\varphi=0$ ning 0 ga yoki $2\pi k$ ga teng ekanligi kelib chiqadi. U holda $\cos\varphi=0$ va $q_0=a$ munosabatlar o'rinli bo'ladi. SHunday qilib konturdagi zaryad va tok uchun boshlang'ich shartlardan foydalansak quyidagi tenglamalarga ega bo'lamiz:

$$q=q_0\cos\frac{t}{\sqrt{LC}}, \qquad I=\frac{q_0}{\sqrt{LC}}a\cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}-\frac{\pi}{2}\right)$$

So'nuvchi elektr tebranish

Yuqorida so'nmas elektr tebranishni tebranish konturidagi kondensator zaryadining garmonik o'zgarishi misolida qarab chiqdik. Kondensatordagi elektr energiya $q^2/2C$ doimiy bo'lgan holda tebranishning so'nmasligini ko'rdik. Endi berk tebranish konturida mavjud bo'lgan qarshiliklar hisobga olinsa, kondensatorda ro'y

bera-digan kondensatorning zaryadsizlanishini o'rganamiz. Olingan induksion g'altak simlarining qanday moddadan yasalganiga va geometrik o'lchamlariga qarab ularning qarshiligi (R) ham mavjud. Bu qarshilikdan tok o'tishida Joulh — Lens qonuniga muvofiq o'tkazgichda issiqlik energiyasi ajralib turadi. Tebranish konturida ham kondensatorning elektr maydon energiyasi, ham g'altak atrofidagi magnit maydon energiyalari asta-sekin kamaya boradi. Qarshiliklar qiymatiga qarab uzoq yoki qisqa vaqt ichida zaryad va tok kuchlarining amplituda qiymatlari nolh bo'lib, tebranish to'xtaydi, ya'ni so'nadi.

Elektr zanjirida induktiv g'altakli to'liq zanjir uchun Om qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$i = \frac{U_C - L\dfrac{di}{dt}}{R}$$

bundan

$$U_C = iR + L\frac{di}{dt} \qquad (7.8)$$

Bu tenglamadagi kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanishni zaryad miqdori q va elektr sig'im S orqali $U_C = \frac{q}{C}$ va i ning qiymatini ham zaryad miqdori orqali $i = \frac{dq}{dt} = \dot{q}$ va $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2} = \ddot{q}$ larni (7.8) ga qo'ysak, u zaryadga nisbatan quyidagi ikkinchi tartibli differensial tenglamani hosil qilamiz:

$$-\frac{q}{C} = L\frac{d^2q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} \qquad (7.8a)$$

yoki bu tenglamaning hamma hadini L ga bo'lib, yig'indi shaklida yozsak,

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC}q = 0 \qquad (7.8b)$$

bo'ladi. Bu ifodadagi $\frac{R}{L} = 2\beta$ va $\frac{1}{LC} = \omega_0^2$ deb belgilab, (7.8b) ga olib borib qo'ysak, quyidagi hosil bo'ladi:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + 2\beta\frac{dq}{dt} + \omega_0^2\frac{1}{LC}q = 0$$

$$\ddot{q} + 2\beta\dot{q} + \omega_0^2 q = 0$$

bu ifodadagi $\beta = \frac{R}{2L}$ tebranishning so'ndirish koeffisenti bo'lib, qarshilik qancha kichik, induktivlik qancha katta bo'lsa, tebranish shuncha tez so'nadi. (7.8a) tenglamaning echimi uning xarakteristik tenglamasining ildizlariga bog'liq. Xarakteristik tenglama

$$\lambda^2 + 2\beta\lambda + \omega_0^2 = 0 \qquad (7.9)$$

ga teng. Bu tenglamaning ildizlari $\lambda_{1/2} = -\beta \pm \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2}$ ga teng bo'ladi. Bu erda uchta xususiy hollar bo'lishi mumkin.

1. $\beta > \omega_0$ bo'lganda λ_1 va λ_2 ildizlar haqiqiy bo'lib, (7.8a) tenglamaning echimi

$$q = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} = C_1 e^{(-\beta+\gamma)t} + C_2 e^{(-\beta-\gamma)t} = e^{-\beta t}(C_1 e^{\gamma t} + C_2 e^{-\gamma t})$$

ga teng, bunda $\gamma = \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2}$ dan iborat. Kondensatordagi zaryadning o'zgarishi aperiodik prosess bo'lib, vaqt cheksizlikka intilganda

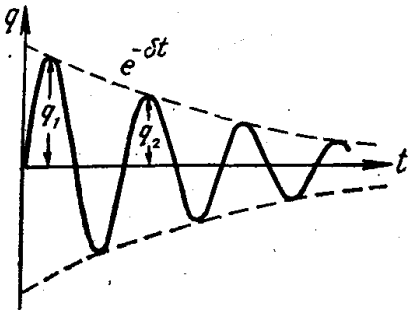
$$\lim_{t\to\infty} q(t) = \lim_{t\to\infty} e^{-\beta t} \cdot \lim_{t\to 0} (C_1 e^{\gamma t} + C_2 e^{-\gamma t}) \to 0$$

kondensator qoplamalaridagi zaryad va nihoyat tok ham asimptotik ravishda 0 ga intiladi.

2. $\beta = \omega_0$, bu holda $\lambda_1 = \lambda_2$ bo'lib, ikkinchi tartibli differensial tenglamaning echimi quyidagicha bo'ladi:

$$q = C_1 e^{\lambda t} + tC_2 e^{\lambda t} = e^{-\beta t}(C_1 + tC_2) \qquad (7.10)$$

bu tenglama ham aperiodik xarakterda bo'lib $C_1 + tC_2$ hadning ortishigga qaraganda $(t \to \infty)$da $\frac{1}{e^{\beta t}}$ tezroq kamayadi, $\lim_{t\to\infty} q(t) = 0$ bo'ladi.



161-расм.

Berk zanjirdagi so'nuvchi tebranish $\beta < \omega_0$ bo'lganda yuz beradi:

$$\ddot{q} + 2\beta\dot{q} + \omega_0^2 q = 0$$

tenglama kvazielastik va ishqalanish kuchlari ta'sirida massasi m bo'lgan moddiy nuqtaning $m\ddot{x} + \eta\dot{x} + kx = 0$ tenglamasiga o'xshash bo'lib, massa rolini induktiv kattalik, ishqalanish koeffisenti rolini zanjirining omik (aktiv) qarshiligi o'ynaydi. Ishqalanish natijasida mexanik energiyaning issiqlikka aylangani kabi zanjirda R qarshilik tufayli elektr energiya Joulh-Lens issiqligiga sarf bo'ladi, natijada zanjirdagi elektr tebranishlar so'nadi.

(7.8a) tenglamaning echimi $\beta < \omega_0$ bo'lganda xarakteristik tenglamaning ildizlari orqali ifodalanadi:

$$\lambda_{1/2} = -\beta \pm i\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$$

(7.8a) tenglamaning umumiy echimi

$$q = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} = e^{-\beta t}(C_1 e^{\gamma' t} + C_2 e^{-\gamma' t})$$

(7.11)

ga teng bo'ladi, bu erda $\gamma' = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$. (7.11) dagi $e^{i\gamma' t}$ va $e^{-i\gamma' t}$ kattaliklarni Eyler funksiyasi yordamida yoyib, hadlarni gruppalasak quyidagi natijani olamiz:

$$q(t) = e^{-\beta t}\left[(C_1 + C_2)\cos\gamma' t + i(C_1 - C_2)\sin\gamma' t\right] \tag{7.12}$$

C_1, C_2 lar o'zgarmas integral koeffisentlari bo'lib, $C_1 + C_2 = a\cos\varphi$, $i(C_1 - C_2) = a\sin\varphi$ deb almashtirsak, (7.12) tenglama

$$q(t) = ae^{-\beta t}\cos(\gamma' t - \varphi) \tag{7.13}$$

ko'rinishga keladi. Bu ifodani hosil qilishda $t = 0,\ q_0 = q$ va $i = \frac{dq}{dt} = 0$ boshlang'ich shartlar nazarga olindi, bunda $\varphi = arctg\frac{R}{2L\gamma'}$.

(7.13) ni vaqt bo'yicha differensiallab konturdagi tokni topamiz:

$$i = \dot{q}(t) = -\beta a e^{-\beta t}\cos(\gamma' t - \varphi) - ae^{-\beta t}\gamma'\sin(\gamma' t - \varphi) \tag{7.14}$$

bunda $a = \frac{q_0}{\gamma'\sqrt{LC}}$ ga teng.

(7.14) ni ma'lum bo'lgan trigonometrik formulalardan foydalanib tok kuchi i uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$i = -\frac{q_0}{\gamma' LC}e^{-\frac{R}{2L}t}\sin\gamma' t = \frac{q_0}{\gamma' LC}e^{-\frac{R}{2L}t}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \tag{7.14a}$$

Mexanik tebranishlarda bo'lgani singari R qarshilik konturdagi tebranishlarni kamaytirib, u chastotani ham kamayishga, davrni esa orttirishga olib keladi. Bundan tashqari konturda tok bilan q zaryad tebranishida faza siljishi φ o'zgaradi. $\frac{R}{2L} << \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$, yoki

$$R << 2\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{7.14b}$$

ya'ni faza siljishi va xususiy chastota o'zgarishi deyarli kam. Taqriban:

$$\gamma' = \sqrt{\frac{1}{LC}}\sqrt{1 - \frac{R^2 C}{4Z}} \approx \frac{1}{LC}\left[1 - \frac{1}{2}\frac{R^2 C}{4Z}\right]$$

yoki

$$\gamma' \approx \omega_0 \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{R}{2Z\omega_0} \right)^2 \right] \qquad (7.14v)$$

Bu hol -rasmda tasvirlangan. $\frac{R}{2L} \to \frac{1}{\sqrt{LC}}$ intilganda chastota 0 ga davr esa $T = \frac{2\pi}{\gamma'} \to \infty$ ga intiladi. Bunda $\varphi \to \frac{\pi}{2}$ bo'lganda $tg\varphi \to \infty$ bo'ladi natijada zaryadga va toklarning faza farqlari $-\frac{\pi}{2} + \varphi \to 0$ ga intiladi. Nihoyat $\frac{R}{2L} > \frac{1}{\sqrt{LC}}$ bo'lganda chastota mavhum, tebranish konturi aperiodik bo'ladi.

So'nuvchi tebranishlarni xarakterlovchi fizik kattaliklardan biri so'nishning logarifnik dekrementi bo'lib, tebranish amplitudasini kamayish tezligini ifodalaydi. Bir-biridan vaqt jihatdan bir davrga farq qiluvchi amplitudalar nisbatining logarifmi so'nishning logarifmik dekrementidir:

$$\lambda = \ln \frac{q_1}{q_2} = \ln \frac{q_0 e^{-\beta t} \cos\omega t}{q_0 e^{-\beta(t+T)} \cos\omega (t+T)} \ln e^{\beta t} = \beta T$$

(7.15)

So'nuvchi tebranishni xarakterlovchi fizik kattaliklardan yana biri tebranish konturining aslligi bo'lib, u logarifmik dekrementga teskari bo'lgan kattalik bo'lib, konturning to'la energiyasini bir davrda yo'qotgan energiyasiga nisbatidir:

$$Q = \frac{\pi}{\lambda} = \frac{\omega_0}{2\beta} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = 2\pi \frac{W}{\Delta W}$$

(7.16)

Bu kuzatilgan holda tebranish konturining qarshiligini kichik deb olamiz. Agar qarshilik katta bo'lsa, elektromagnit tebranish bo'lmasdan, tok juda tez nolga teng bo'ladi. Bu holga aperiodik tebranish deyiladi. (Mexanikada 60- § da qarab o'tilgani kabi.)

Nazorat savollari.

1. Xususiy elektr tebranishlar.
2. So'nish bo'lmagandagi elektr tebranishlar.
3. Xususiy elektr tebranishlar tenglamasi.
4. So'nish bo'lgandagi elektr tebranishlar.
5. Erkin elektromagnit tebranishlarni hosil qilish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965,

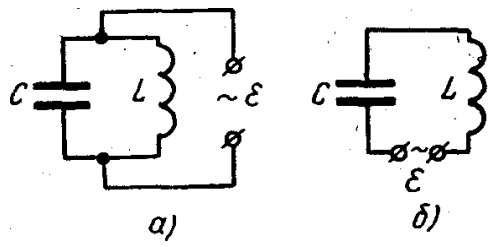
365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

31-maruza. Majburiy elektr tebranishlar. O'zgaruvchan elektr toki. O'zgaruvchan tok generatori. O'zgaruvchan elektr toki zanjirida aktiv qarshilik, sig'im va induktivlik. Vektor diagrammalar usuli.

Reja:
1. Majburiy elektr tebranishlar. O'zgaruvchan elektr toki.
2. O'zgaruvchan tok generatori.
3. O'zgaruvchan elektr toki zanjirida aktiv qarshilik, sig'im va induktivlik. Vektor diagrammalar usuli.

Majburiy elektromagnit tebranishlar. Rezonans

Yuqorida ko'rdikki, har qanday tebranish sistemasida ma'lum mikdorda potensial energiyali tebranuvchi kattalikni muvozanat holatdan qo'zg'atib ozod qo'yib yuborilsa, u o'z tebranish davri bilan erkin tebranadi va muhit qarshilik ko'rsatmasa, so'nmasdan harakat qilishi mumkin, ammo amalda muhit qarshiligini engish uchun tebranma harakat energiyasining ma'lum bir qismi sarf bo'lib, tebranish so'na boshlaydi. Sistemada so'nmas tebranma harakatni hosil qilish uchun uning davriy ravishda sarf qilgan kamayuvchi energiyasini to'ldirib tashqaridan energiya etkazib berib turish kerak, bunda tebranish so'nmaydi, sistemaning muhit qarshiligini engish ishini tashqi kuch bajarib turadi. Xuddi shu kabi, elektr tebranish konturining parametrlari (sig'im, qarshilik va o'zinduksiya) ni o'z vaqtida davriy o'zgaruvchi energiya bilan to'ldirib turish kerak. SHuning uchun S sig'imi, L induktivlik va R qarshilikdan iborat elektr tebranish konturiga ketma-ket qilib o'zgaruvchan EYUK $(E = E_0 \cos\omega t)$ (162-rasm) ulanadi. U vaqtda kontur elementlaridagi kuchlanish tushuvlarining yig'indisi shu ulangan EYUK kattaligiga teng bo'ladi:



162-расм.

$$E = L\frac{di}{dt} + iR + \frac{q}{C} = E_0 \cos\omega t \qquad (7.17)$$

Bu ifodani zaryad orqali ifodalasak, (7.8a) quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$\ddot{q} + 2\beta\,\dot{q} + \omega_0^2 q = \frac{E_0}{L}\cos\omega t$$

(7.17)

Bu tenglama ikkinchi tartibdi chiziqli bir jinsli bo'lmagan differensial tenglamani ifodalaydi.

Uning yechimi ikki echimdan iborat:

$$q = q_1 + q_2 \qquad (7.18)$$

q_1-echim (7.17) ning o'ng tomoni 0 ga teng bo'lgandagi bir jinsli tenglamaning echimi bilan va binobarin echimning amplituda $q_0 e^{-\beta t}$ qiymati $t \to \infty$ bo'lganligi sababli (7.18) ning hususiy echimida $q_1$ni e'tiborga olmaymiz. $\cos\omega t$ ni daraja ko'rsatkichli funksiya bilan almashtirsak tenglama osonroq yo'l bilan echiladi: avval o'zgaruvchan manba, qarshilik, kondensator va induktiv g'altakdan iborat zanjir uchun yozilgan Kirxgofning ikkinchi sistemasini yozamiz:

$$iR + \varphi = E - L\frac{di}{dt}$$

bundagi E ning o'rniga $E_0 \sin\omega t$ qiymatni qo'yib, $q = C\varphi$ dan, C-kondensatorning sig'imi bo'lib, undagi zaryad dt vaqt ichida dq ga o'zgaradi desak:

$$\frac{dq}{dt} = C\frac{d\varphi}{dt}, \text{ yoki } \frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{C}i$$

ga teng bo'ladi. Yuqoridagi berk kontur uchun yozilgan ifodani yana bir marta vaqt bo'yicha differensiallab $\frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{C}i$ ni tenglamaga qo'ysak (7.14) o'rniga quyidagi tokka nisbatan ikkinchi tartibli bir jinsli bo'lmagan chiziqli tenglama hosil bo'ladi:

$$L\frac{d^2 i}{dt^2} + R\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = E_0\omega\cos\omega t$$

Bu tenglamaning echimini tok va E.YU.K φ fazaga farq kiladi deb quyidagi ko'rinishda izlaymiz:

$$i = i_0 e^{i(\omega t + \varphi)}$$

$\cos\omega t$ ni esa $e^{i\omega t}$ qo'rinishda olamiz. U holda

$$\frac{d^2 i}{dt^2} = -i_0\omega^2 e^{\,i(\omega t+\varphi)}, \quad \frac{di}{dt} = i_0\omega\, i\, e^{\,i(\omega t+\varphi)}$$

larni tenglamaga qo'yib quyidagini topamiz:

$$-Li_0\omega^2 e^{\,i(\omega t+\varphi)} + i\, i_0 R\omega\, e^{\,i(\omega t+\varphi)} + \frac{1}{C} i_0 e^{\,i(\omega t+\varphi)} = E_0\omega\, e^{i\omega t}$$

Bu tenglamaning chap va o'ng tomonlarini $e^{\,i(\omega t+\varphi)}$ ga bo'lsak quyidagiga ega bo'lamiz:

$$-Li_0\omega^2 + i\, i_0 R\omega + \frac{i_0}{C} = E_0\omega\, e^{-i\varphi}$$

$$-Li_0\omega + i\, i_0 R + i_0\frac{1}{\omega C} = E_0\cos\varphi - iE_0\sin\varphi$$

yuqoridagi tenglamada ikkita kompleks son bir-biriga teng bo'layotir, bular teng bo'lishi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$-i_0\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)=E_0\cos\varphi$$

$$i_0R=-E_0\sin\varphi$$

Bu tenglamalarning birini ikkinchisiga hadlab bo'lib boshlang'ich fazani topamiz:

$$tg\varphi=\frac{R}{\omega L-\frac{1}{\omega C}}$$

(A) va (V) tenglamalarni hadma-had kvadratga ko'tarib bir-biriga qo'shsak

$$I_0=\frac{E_0}{\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

tok kuchining amplituda qiymatiga ega bo'lamiz.

Biz kondensator qoplamasidagi kuchlanishni aniqlasak,

$$U_C=\frac{q_0}{C}\cos(\omega t-\varphi)=U_{0C}\cos(\omega t-\varphi) \qquad (7.23)$$

bu ifodadagi

$$U_{0C}=\frac{q_0}{C}=\frac{E_0}{\omega C\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \qquad (7.24)$$

kondensator qoplamasidagi kuchlanishning maksimal amplituda qiymatidir.

CHastotaning (7.6) munosabatni qanoatlantiradigan qiymatida to'liq qarshilik eng kichik qiymatga erishadi, kuchlanish va tok kuchining amplitudasi esa (7.24) va (7.22) formuladan ko'rinadiki, maksimal qiymatga erishadi:

$$U_{0C}=\frac{E_0}{\omega CR} \qquad (7.24a)$$

sig'im va induktivlikka ega bo'lgan konturdan kuchlanish va o'zgaruvchan tokning o'tish hodisasi mexanikadagi rezonans hodisasiga o'xshab ketadi. Tok kuchiniig amplituda qiymati chastotaga bog'liq va chastotaning rezonans chastota deb ataladigan muayyan bir ω_P qiymatida maksimal bo'ladi. ω_P ning qiymati (7.20 b) ga asosan quyidagiga teng

$$\omega_P=\sqrt{\frac{1}{LC}} \qquad (7.6a)$$

SHunday qilib, quyidagi xulosaga kelamiz. Tebranish konturida ikki xil elektromagnitik tebranish qiymati (7.7) ifodadan aniqlanadigan doimiy chastotali xususiy tebranish va chastotasi tashqi EYUK ning o'zgarish chastotasi ω ga teng bo'lgan majburiy tebranish bo'lishi mumkin. Agar tebranish konturining xususiy chastotasi ω_0 konturdagi ta'sir qilayotgan EYUK ning o'zgarish chastotasi ω dan keskin farq qilsa ($\omega_0>>\omega$ yoki $\omega_0<<\omega$), u holda konturdan o'tayotgan tok kichik

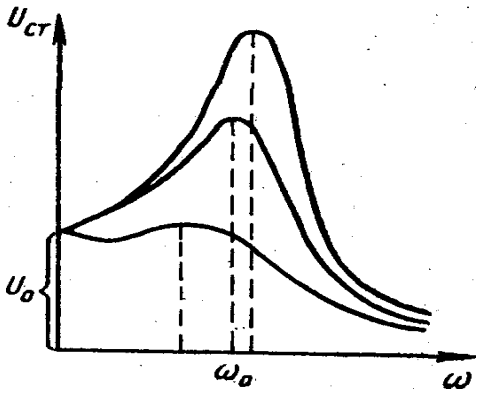
bo'ladi. Xususiy tebranishlar chastotasi tashqi EYUK chastotasiga yaqinlashganda tokning amplituda qiymatining ortishi kuzatiladi, har ikkala ω_0 va ω chastotalar kattalik jihatdan teng bo'lganda tok maksimal qiymatga erishadi.

Xususiy va majburiy tebranishlar chastotasi tenglashganda tok kuchining ortishiga elektr rezonans hodisasi deb ataladi. Biroq shuni aytish kerakki, konturning aktiv qarshiligi nolga yaqin, yoki teng bo'lgandagina ω_0 va ω chastotalar tenglashganda rezonans bo'ladi. Agar tebranish konturida biror aktiv qarshilik bo'lsa, u holda bunday konturning xususiy tebranishlar chastotasi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

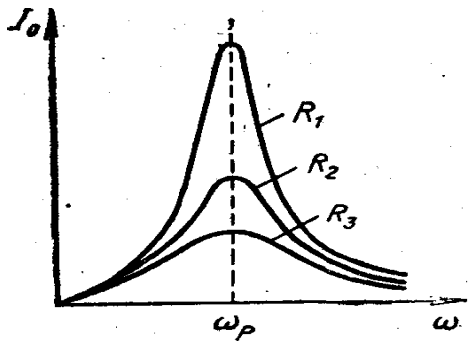
$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} \qquad (7.25)$$

U holda (7.6a) va (7.25) formulalarvi taqqoslab rezonans hodisasi konturning tebranishlar chastotasi ω dan kattaroq ω_p chastotada ro'y berishini ko'ramiz.

164-rasmda bir nechta rezonans egri chiziqlari tasvirlangan, ular turli aktiv qarshiliklarga ega bo'lgan konturlarga tegishli ($R_1 < R_2 < R_3$) Qarshilik qancha kichik bo'lsa, egri chiziqning maksimumi shuncha o'tkirroq bo'ladi. Demak, xususiy



163-расм.



164-расм.

tebranishlarning so'nishi kamroq bo'lganda, konturdagi tok kuchining amplituda qiymati kattaroq va rezonans egri chizig'i O'tkirroq bo'lar ekan. Katta qarshiliklarda rezonans egri chizig'ining o'tkirligi kamroq bo'lishi rasmdan ko'rinib turibdi.

Rezonans vaqtida tok kuchining o'sishi bilan bir qatorda sig'im va induktiv qarshiliklardagi kuchlanishlar ham keskin ortadi. Bu kuchlanishlar kattalik jihatidan tenglashib, tashqi kuchlanishdan bir necha marta oshib ketadi. Haqiqatan ham rezonans hodisasi ro'y berayotgan vaqtda sig'im qarshilikdagi kuchlanishning amplituda qiymati

$$U_{0C} = I_0 R_C = \frac{I_0}{C\omega_P} = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (7.26)$$

ifodadan, induktiv qarshilikdagi kuchlanishning amplituda qiymati esa

$$U_{0L} = I_0 R_L = I_0 \omega_P L = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (7.27)$$

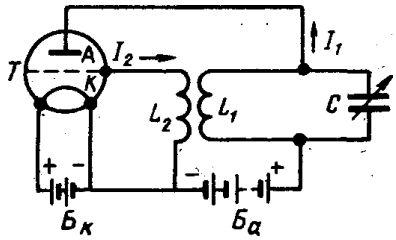
ifodadan aniqlanadi. Agar zanjirning aktiv qarshiligi R kattalik jihatidan $\sqrt{\frac{L}{C}}$ ifodadan juda kichik (R<< $\sqrt{\frac{L}{C}}$) bo'lsa, u holda tashqi qarshilikning amplituda qiymati $U_0 = I_0 Z = I_0 R$ ifodadan aniqlanadi. Bundan $U_{0C} = U_{0L} >> U_0$ ekanligini ko'rsatish mumkin. (7.26) va (7.27) ifodalarni taqqoslab rezonans vaqtida konturning sig'im va induktiv qarshiliklari ham bir-biriga teng bo'lishini ko'ramiz.

Konturdagi zaryad va kuchlanishning chastotalarga bog'liqligi (7.19a) (7.24) dan ko'rinishidan tok rezonansi kabi kuchlanish va zaryad rezonanslari ham mavjuddir. Bu ikki kattalikning rezonans egriliklari bir xil (163- rasm).

Elektr zanjiridagi rezonans juda katta ahamiyatga ega. Masalan, radioaloqa faqat rezonans hodisasi tufayligina bo'lishi mumkin.

Lampali generator yordamida elektromagnit tebranishlarni hosil qilish

Biz xozirgacha ko'rib kelgan majburiy elektromagnit tebranishlar elektr stansiyalarda generatorlar hosil qiladigan o'zgaruvchan kuchlanish ta'siri ostida paydo bo'ladi. Bunday generatorlar yuksak (bir necha gersdan ortiq) chastotali tebranishlar hosil qila olmaydi. Radiotexnikada esa 50—100 kGs dan tortib to $10^5 - 10^6$ *кГц* gacha bo'lgan yuksak chastotali tebranishlar qo'llaniladi.



165-расм.

1913 yili uch elektrodli elektron lampa yordamida yuksak chastotali so'nmas elektromagnit tebranishlar hosil qilish usuli kashf qilinadi. Bu usul bilan tebranishlarni hosil qilishning oddiy sxemasi 165-rasmda ko'rsatilgan va bunday qurilma lampali generator deb ataladi. Lampali generator o'zgarmas tok energiyasini o'zgarmas amplituda va yuksak chastotali o'zgaruvchan tok energiyasiga aylantiradi. Lampali generator quyidagi qismlardan iborat: 1) elektromagnit tebranishlar hosil qilinadigan tebranish konturi;
2) konturda so'nmas tebranishlar bo'lib turishi uchun zarur bo'lgan energiya manbai va 3) tok manbaidan konturga energiya berishni avtomatik rostlab turuvchi uch elektrodli elektron lampa — triod.

Lampali generator ishlashi uchun anod toki o'zgarishi natijasida hosil bo'luvchi EYUK bilan tebranish konturida hosil bo'luvchi toklarning fazadari bir xil bo'lishi shart. Biz kuzatayotgan sxemada induktiv g'altakni anod zanjiriga (L_1) ulash orqali moslaymiz. Anod zanjirida tebranish konturining bo'lishiga teskari bog'lanish deyiladi.

165- rasmda ko'rsatilgan sxema bo'yicha lampali generatorning ishlash prinsipini quyidagicha tushuntirish mumkin. Tebranish konturiga triod orqali o'zgarmas tok manbai $Б_a$ ulangan. Lampaning to'ri va katodi orasiga tebranish konturining L_1 g'altagi bilan induktiv bog'langan L_2 g'altak ulangan. CHo'g'latish batareyasi $Б_к$ ulanganda lampadan tok o'ta boshlaydi (lampa «ochiladi») va anod zanjirida ma'lum vaqt davomida o'suvchi I_1 tok paydo bo'ladi (165-rasmda tokning yo'nalishi strelkalar bilan ko'rsatilgan). Bu tok, birinchidan, kontur

kondensatorini zaryadlaydi, ikkinchidan L_1 g'altakda magnit maydoni hosil qiladi. Bu magnit maydonninv induksiya oqimi L_2 g'altakni ham kesib o'tadi. Bu maydon vaqt davomida ortadigan bo'lgani uchun Lens qoidasiga muvofiq L_2 g'altakda I_1 tokka qarama-qarshi yo'nalgan I_2 tok induksiyalanadi. I_2 toki lampaning to'rini manfiy zaryadlaydi (tokning yo'nalishi elektronlar harakati yo'nalishiga qarama-qarshi ekanligidan I_2 tokda elektronlar to'rga qarab harakatlanadi, unda to'planib, uni manfiy zaryadlaydi), shuning uchun lampa «berkiladi».

SHunday qilib, lampa kondensatorni zaryadlaydi va so'ngra anod zanjirini uzib qo'yadi, binobarin, konturni energiya manbai $Б_a$ batareyadan uzib qo'yadi.

Kondensatori zaryadlangan konturda 72-§ da ko'rib o'tganimizdek tartibda elektromagnit tebranishlar hosil bo'laveradi. Davrning ikkinchi choragi davomida tok kondensatorni qayta zaryadlaydi va to'xtaydi. Bu vaqtda L_1 g'altakning magnit maydoni, demak, L_2, g'altakning ham magnit maydoni zaiflashadi, shuning uchun elektromagnit induksiya hodisasiga muvofiq L_2 to'r g'altagidagi tok avvalgiyo'nalishida o'tishda davom etadi, binobarin, to'r qo'shimcha manfiy zaryad oladi va lampa «berkligicha» qoladi.

Davrning ikkinchi yarmida konturda teskari (I_1 ga qarama-qarshi) yo'nalishda tok o'tadi. I_1 avval, davrning uchinchi choragida kuchayadi, so'ngra, davrning to'rtinchi choragida susayadi. SHuning uchun L_2 to'r g'altakda tokning yo'nalishi ham qarama-qarshi tomonga o'zgaradi va to'rning zaryadi kamaya boshlaydi. Davrning oxiriga kelib bu zaryad tamom bo'ladi, lampa «ochiladi» va lampa kondensatorlarni zaryadlaydi. So'ngra bayon qilingan jarayon qaytadan boshlanadi.

SHunday qilib, lampa davriy ravishda — tebranishlarning har davri boshida konturga anod batareyasidan energiya beradi. Bunine natijasida konturda so'nmas elektromagnit tebranishlar yuzaga keladi.

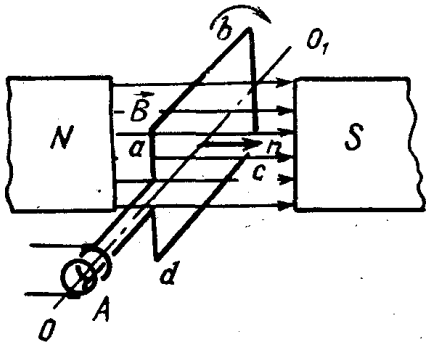
Tebranish konturida olinadigan yuksak chastotali toklar sanoatda keng qo'llaniladi. Masalan, yuksak chastotali toklar yog'ochni quritish, metall buyumlar sirtini chiniqtirish va eritish pechlarida ishlatiladi. Yuksak chastotali toklar yordamida metallarni juda tez eritish mumkin, bu xol oson bug'lanib ketuvchi moddalarning qotishmalarini olishda muhim shart hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda yuksak chastotali toklar medisinada (elektrodiatermiya) muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda.

O'ZGARUVCHAN TOK

O'zgaruvchan tokni hosil qilish

To'g'ri turtburchak shaklidagi ramka ko'rinishida o'tkazgich olib, uning magnit maydon induksiyasi $\vec{B}$ bo'lgan bir jinsli magnit maydonga joylashtiramiz va uni OO_1 o'q atrofida ω burchak tezlik bilan tekis aylantirganimizda (166- rasm), ramkaning yuzasini kesib o'tuvchi magnit induksiya oqimi yuzaga o'tkazilgan normalga nisbatan ham kattaligi, ham yo'nalishi jihatidan



166-расм.

uzluksiz o'zgarib boradi, ya'ni

$$\Phi = BS\cos\omega t = BS\cos\alpha \qquad (8.1)$$

natijada elektromagnit induksiya qonuniga. asosan, ramkada o'zgaruvchan induksiya EYUK vujudga keladi:

$$E_i = -\frac{d\Phi}{dt} = BS\omega\sin\omega t = E_0\sin\omega t \qquad (8.2)$$

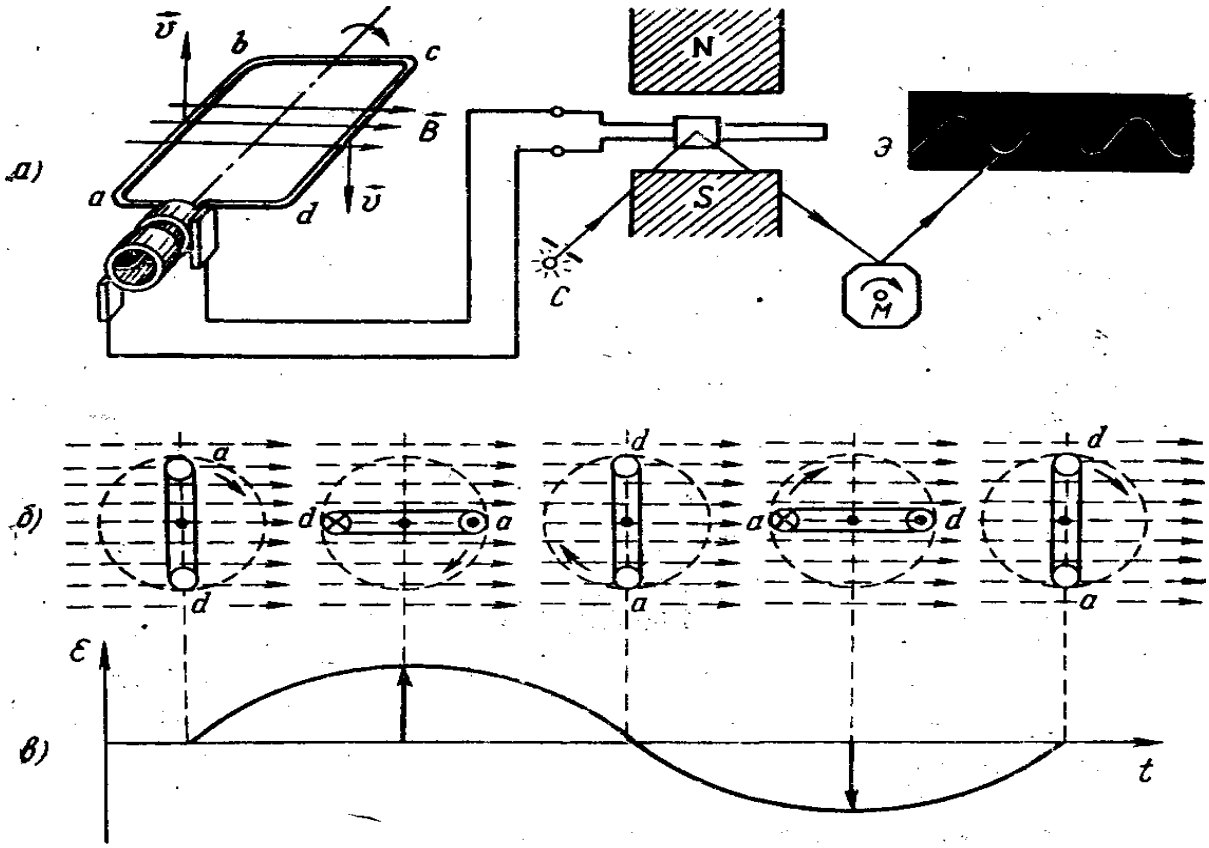
Bu ifodada B, S va ω o'zgarmas bo'lgani uchun $BS\omega = E_0$ bo'lib, induksiya EYUK ning amplituda qiymatidir.

EYUKning ixtiyoriy vaqtdagi qiymatini (8,2) formula bo'yicha hisoblab topish mumkin. SHuning E_i kattalikka EYUKning ixtiyoriy berilgan vaqtdagi qiymati yoki oniy qiymati deyiladi.

Ramka uchlaridagi halqaga (166-rasm) qarshiligya R bo'lgan o'tkazgich ulasak, undan tok o'ta boshlaydi. Bu tokni Om qonunidan foydalanib, ayni vaqtda ramkadan oqayotgan induksion tokning kuchini hisoblab topish mumkin:

$$i = \frac{E_i}{R} = \frac{E_0}{R}\sin\omega t$$

Bu formulada $\frac{E_0}{R}$ kattalik maksimal tok kuchiga teng bo'lib, tok kuchini

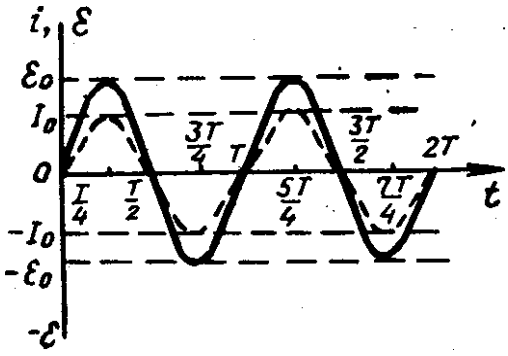


167-расм.

ng amplituda qiymati deyiladi. Bu kattalikni I_0 bilan belgilanib, ixtiyoriy vaqtdagi tok kuchni, ya'ni tok kuchining oniy qiymati uchun quyidagi formulani yozish mumkin:

$$i = I_0 \sin \omega t \qquad (8.3)$$

Agar hosil bo'lgan tok oniy qiymati zanjir qismlarining hamma nuqtalarida deyarli bir xil qiymatga ega bulea, bunday o'zgaruvchan toklarga kvazistasionar tok deyiladi. Biz kvazistasionar tok qonunlarini o'rganamiz. (8.3) formuladan ko'rinadiki, ramka bir jinsli magnit maydonda bir tekis aylanganida, xosil bo'lgan induksion tok kuchi sinusoidal qonun bo'yicha o'zgarar ekan. Buni kuzatish maqsadida absd ramka o'rami uchlariga ossillograf ulaymiz (167-a rasm). O'ram magnit maydonda yuqorida aytganimizdek tekis aylanma harakat qilganida ramkada hosil bo'luvchi induksion EYUK va tokning grafigi sinusoida shaklida ekanligini ossillografning E ekranida ko'ramiz. 167-b, v rasmda o'ram bir marta to'la aylanganda induksion EYUK ning hosil bo'lishi ko'rsatilgan. Unda ramkaning ad tomoni magnit maydon induksiya vektoriga nisbatan qanday joylashganliligi (167-6 rasm) va induksion EYUK grafigi (167-v rasm) ko'rsatilgan.



168-rasm.

168-rasmda EYUK bilan tok kuchining vaqtga bog'lanish grafigi ko'rsatilgan. Grafik sinusoidadan iborat. EYUK va induksion tok kuchining grafigidan induksion tok kattaligi jihatidan ham, yo'nalishi jihatidan ham o'zgarishi ko'rinib turibdi.

Kattaligi va yo'nalishi jihatidan o'zgaradigan tokka o'zgaruvchan tok deyiladi. Kattaligi va yo'nalish jihatidan sinusoida qonuniga muvofiq ravishda davriy o'zgaradigan tok sinusoidal o'zgaruvchan tok deyiladi.

Ramkaning magnit maydonda aylanishining ω burchak tezligiga teng bo'lgan kattalik o'zgaruvchan tokning davriy chastotasi deb ataladi.

o'zgaruvchan tok kuchining bir marta to'la tebranishi uchun ketgan vaqt oraligi (T) ni o'zgaruvchan tokning davri deyiladi. Bir sekundda o'zgaruvchan tok kuchining to'la tebranishlar soni (v) ga o'zgaruvchan tokning chastotasi deb ataladi. Bu kattaliklar orasida quyidagicha bog'lanish mavjud:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \qquad (8.4)$$

(8.2) va (8.3) formulalardagi ωt kattalikni o'zgaruvchan tokning fazasi deb ataladi, u vaqtning ixtiyoriy paytida o'zgaruvchan EYUK bilan o'zgaruvchan tok kuchining kattaligini aniqlaydi.

Umuman olganda, tokning tebranishlar fazasi EYUK ning o'zgarish fazasi bilan to'g'ri kelishi shart emas. SHuning uchun umumiy holda

$$i = I_0 \sin(\omega t + \varphi) \qquad (8.5)$$

ko'rinishda yozishimiz ham mumkin, bu yerda φ - tok bilan EYUK ning tebranishlar fazasi orasidagi farq.

Nazorat savollari.

1. Xususiy elektr tebranishlar.

2. So’nish bo’lmagandagi elektr tebranishlar.
3. Xususiy elektr tebranishlar tenglamasi. So’nish bo’lgandagi elektr tebranishlar. Erkin elektromagnit tebranishlarni hosil qilish

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O’quv yurtlarining fizika ixtisosi bo’yicha darslik. O’qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O’quv yurtlari uchun qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel’ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O’quv yurtlari uchun qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov “Fizika kursi”, “Fan va texnologiya”, nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev “Fizika kursi”, “O’zbekiston milliy kutubxonasi”, nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov “Elektromagnetizim”, “Iqtisod-moliya”, nashriyoti, 2006.

32-maruza. O’zgaruvchan tokning quvvati, ishi. Tok va kuchlanishning effektiv qiymatlari. O’zgaruvchan tok zanjirlarida tarmoqlanish. Kuchlanish va toklar rezonansi. Elektr va magnit maydonlarni o’zaro bog’liqligi.

Reja:

1. O’zgaruvchan tokning quvvati, ishi.
2. Tok va kuchlanishning effektiv qiymatlari.
3. O’zgaruvchan tok zanjirlarida tarmoqlanish.
4. Kuchlanish va toklar rezonansi.
5. Elektr va magnit maydonlarni o’zaro bog’liqligi.

Tok va kuchlanishning ta’sir etuvchi qiymati

(8.2) va (8.3) formulalardan ko’rinadiki, EYUK ning eng katta qiymatiga. tokning ham eng katta qiymati to’g’ri keladi: buning aksina, EYUK nolga teng bo’lganda tok ham nolga teng bo’ladi. Bu holda EYUK ning o’zgarishlari bilan tokning o’zgarishlari bir xil fazada bo’ladi. deyiladi.

Kuchlanish va tok fazalari bir-biriga moc keladigan o’tkazgichning qarshiligiga aktiv qarshilik deyiladi. Aktiv qarshilikka ega bo’lgan o’tkazgichda tok energiyasi boshqa tur energiyaga aylanadi.

Tok o’zgarishining bir to’la davri ichida tok kuchi har xil paytlarda qanday kattalikdagi qiymatlarga erishmasin, uning o’rtacha qiymati nolga teng bo’ladi. Demak, o’zgaruvchan tokning qiymatini bu kattalik bilan baholab bo’lmaydi. o’zgaruvchan tok kuchini baholashda uning yo’nalishiga bog’liq bo’lmaydigan ta’siri, masalan, tokning issiqlik ta’siri tanlanadi. Darhaqiqat, agar ma’lum bir qarshilikka ega bo’lgan o’tkazgichdan I tok o’tsa, unda o’tkazgichda ajralgan issiqlik miqdori tok kuchi kvadratiga proporsional bo’ladi, ya’ni tokning yo’nalishiga bog’liq bo’lmaydi.

O’tkazgichda birday vaqt ichida o’zgaruvchan tok ajrata oladigan miqdorda issiqlik ajrata oluvchi o’zgarmas tokning qiymatiga teng bo’lgan o’zgaruvchan tokning qiymati uning ta’sir etuvchi yoki effektiv qiymati deb ataladi.

Sinusoidal o’zgaruvchan tok uchun tokning $I_{эф}$ effektiv qiymati bilan I amplituda qiymati orasidagi borlanishni topish uchun o’zgaruvchan va o’zgarmas toklar R qarshilikdan o’tib vaqt birligida Joul—Lens qonuni bo’yicha ajralgan issiqlik miqdorining tengligidan foydalanamiz:

$$Q = I^2 R = I_{эф}^2 R = \frac{1}{T}\int_0^T i^2 R dt$$

Bu ifodadan tok kuchining effektiv qiymatini topsak

$$I_{эф} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2\, dt} = \sqrt{\frac{I_0^2}{\omega T}\int_0^T \sin^2 \omega t\, d(\omega t)} \qquad (8.6)$$

$\sin^2 \omega t$ ni $\frac{1}{2}(1-\cos 2\omega t)$ bilan almashtirib integralning o’zini hisoblaymiz:

$$\int_0^T \sin^2 \omega t \, d(\omega t) = \frac{\omega T}{2} - \left(\frac{1}{4\omega} \sin^2 \omega t \right)_0^T$$

qavsdagi ifoda nolga teng, u vaqtda ifodani (8.6) ga olib borib qo'ysak,

$$I_{эф} = \sqrt{\frac{I_0^2}{\omega T} \cdot \frac{\omega T}{2}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

(8.7)

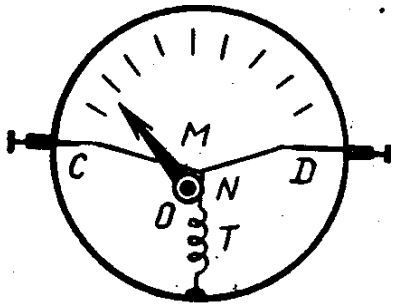
SHunday qilib, sinusoidal tok uchun tok kuchining effektiv qiymati amplituda qiymatidan $\sqrt{2}$ marta kichikdir.

Xuddi shuningdek EYUK va kuchlanishning effektiv qiymati ham amplituda qiymatidan $\sqrt{2}$ marta kichik bo'ladi;

$$E_{эф} = \frac{E_0}{\sqrt{2}}, \quad U_{эф} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

(8.7a)

O'zgaruvchan tok zanjirlarida tokni va kuchlanishni o'lchash uchun ko'rsatishlari tokning yo'nalishiga bog'liq bo'lmagan asboblar ishlatiladi. Bunday asboblarni issiqlik o'lchov asboblari deb ataladi.



169-расм.

Issiqlik o'lchov asboblarining asosiy qismi CD sim tolasidan iborat bo'lib, uning o'rtasiga ikkinchi MN ip ulangan. Bu ip O blok orqali T prujina bilan tortilib turadi (169-rasm). Blokka strelka o'rnatilgan. O'lchanadigan tok S va D klemmalarga berilib, CD toladan o'tkaziladi. Ajraladigan issiqlik ta'sirida CD sim qiziydi va bu kizish tufayli uzayadi. CD sim uzayganda MN ipni T prujina ko'proq tortadi, natijada blokka o'rnatilgan strelka buriladi. CD simdan o'tuvchi tokning kuchi qancha katta bo'lsa, sim shuncha ko'proq uzayadi va strelka shuncha ko'proq og'adi. SHunday qilib shkalani tegishlicha darajalab olgach, asbobdan o'tayotgan tok kuchini o'lchash mumkin. Bu asbobga ketma-ket qo'shimcha qarshilik ulab volhtmetr sifatida ishlatish mumkin.

O'zgaruvchan tok zanjirida qarshilik

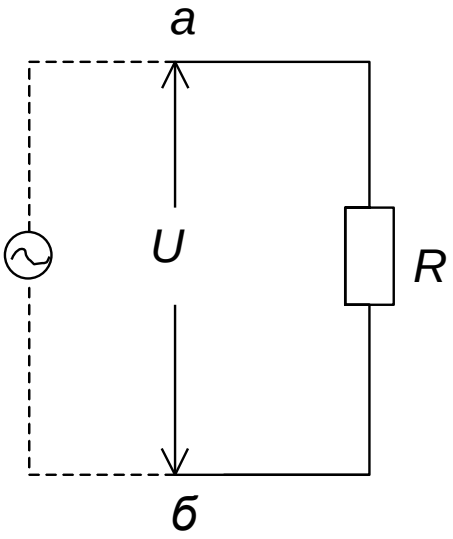
Induktivlik va sig'imi juda kichik, hisobga olmasa ham bo'ladigan zanjirga o'zgaruvchan tok generatoridan

$$i = I_0 \sin \omega t$$

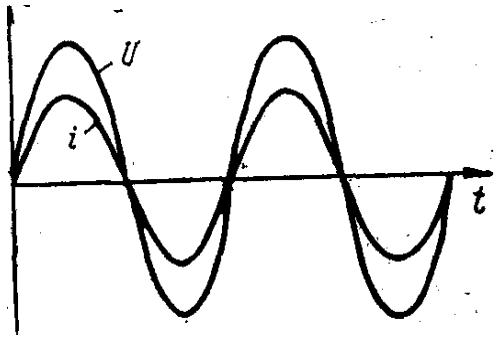
tok berilganda zanjirda qanday hodisa bo'lishini qarab chiqaylik.

rasmda keltirilgan zanjirdan foydalanaylik. 77- § da ko'rganimizdek, EYUK bilan tok kuchi birdek fazada, u vaqtda zanjirning ab qismidagi zanjir qarshiligi R bo'lganda kuchlanishning tushuvi

$$U = iR = I_0 R \sin \omega t = U_0 \sin \omega t \qquad (8.8)$$



170-расм.



171-расм.

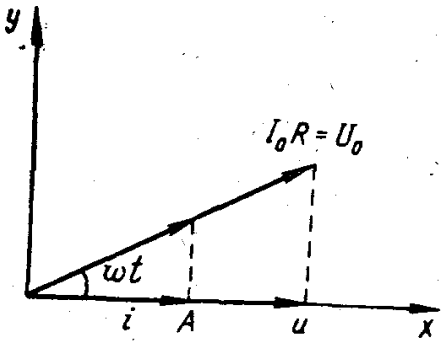
bo'ladi. Bu ifodadagi $U_0 = I_0 R$ — kuchlanishning amplituda qiymatidir. Qarshilikdagi tok kuchi va kuchlanish tebranvshni grafik ravishda ifodalasak 171-rasmdagidek ko'rinishga ega bo'ladi (R>1 bo'lganda). Bu grafikdan ko'rinadiki, kuchlanish qay vaqtda maksimal qiymatga ega bo'lsa, tok kuchi ham shu vaqtda maksimal qiymatga ega, va aksincha, kuchlanish nolga teng bo'lgan vaqtda tok kuchi ham nolga tengdir. Mexanikada tebranma harakatlarni vektor diagrammalarda ifodalagani-mizdek, elektrda ham vektor diagrammalardan foydalanamiz. Buning uchun toklar o'qi tushunchasini kiritamiz. Tokning tebranishi shu toklar o'qi yo'nalishi bo'yicha moc tushadigan qilib tanlab olinadi. YUqoridagi kuzatayotgan holatimizda toklar o'qi yo'nalishida fazalar farqi bir xil bo'lgan kuchlanish yo'nalgan bo'ladi. Uning amplituda qiymati $U_0 = I_0 R$. 172-rasmda ifodalangan vektor diagrammadir.

O'zgaruvchan tok zanjirida sig'im

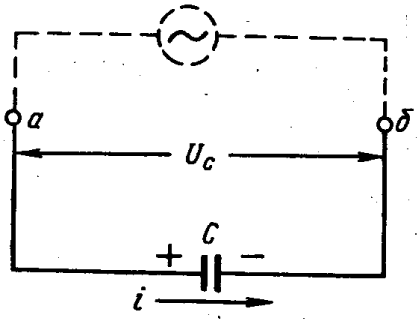
Qarshiligi va induktivligi deyarli nolga teng bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiriga kondensator ulangan bo'lsin (173-rasm). U vaqtda sig'imi S bo'lgan kondensator qoplamalari orasida zaryadlarning ko'chishi ro'y berib, zanjirdan tok o'ta boshlaydi. Boshlanishida kondensator qoplamasining biridan zaryad (elektron) ketishi bilan bu qoplama musbat potensialga, ikkinchi zaryadni qabul kilayotgan qoplama esa manfiy potensialga ega bo'lib, kondensatorning umumiy potensiali ularning yig'indisiga teng bo'lib maksimal qiymatga ega bo'ladi, bu vaqtda zanjirdan o'tayotgan tok nolga teng bo'ladi. Kondensator qoplamalaridagi kuchlanish nolga teng bo'lganda esa, tok kuchi maksimal qiymatga ega bo'ladi. CHunki, ulangan o'zgaruvchan tok manbai berayotgan tok

$$i = I_0 \sin\omega t \qquad (8.9)$$

okib o'tayotgan zaryad esa



172- расм.



173- расм.

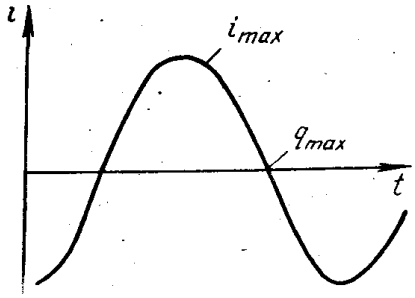
$$q = \int idt = I_0 \int \sin\omega t dt = -\frac{I_0}{\omega}\cos\omega t \qquad (8.10)$$

ga teng. Kondensator qoplamalaridagi kuchlanish

$$U = \frac{q}{C} = \frac{I_0}{\omega C}\cos\omega t = \frac{I_0}{\omega C}\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \qquad (8.11)$$

bo'ladi.

(8.3) bilan (8.10) ni taqqoslasak, konturdagi kuchlanishning tebranishi tok kuchining tebranishidan $\frac{\pi}{2}$ fazaga orqada qolar ekan. Demak, tok kuchining amplituda kiymati kuchlanishning amplituda qiymatidan $\frac{T}{4}$ davr oldin hosil bo'ladi. CHunki, tok ma'lum vaqtgacha bir yo'nalishda borganda kondensatordagi zaryad miqdori ham ortib boradi. Tok kuchi maksimumdan o'tib kamaya borganda ham zaryad orta borib, maksimumga etganda tok kuchi nolga teng bo'ladi (174-rasm).



174-расм.

(8.11) dan kondensator qoplamasidagi kuchlanishning maksimal (amplituda) qiymatini aniqlasak,

$$U_0 = \frac{I_0}{\omega C} \qquad (8.11a)$$

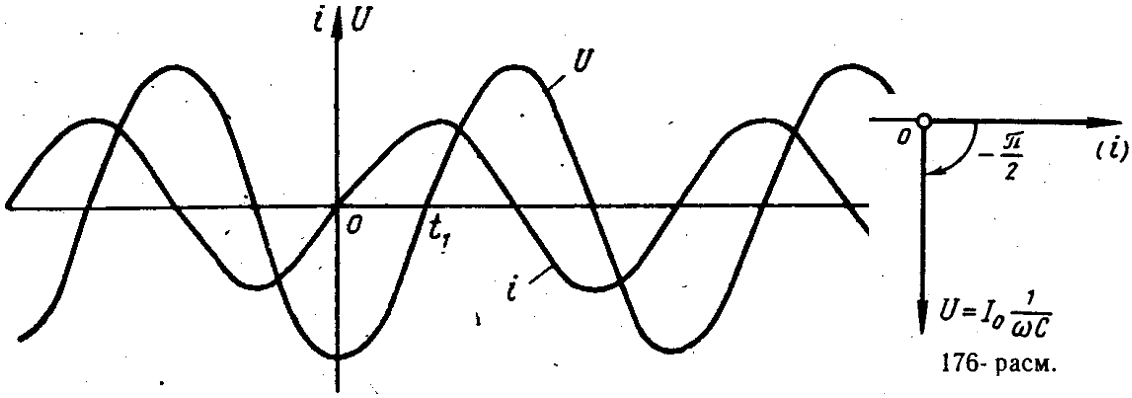
Bu ifodani zanjirning bir qismi uchun Om qonuni bilan solishtirsak, $\frac{1}{\omega C}$ qarshilik rolini o'ynar ekan. SHuning uchun bu ifodani

$$R_C = \frac{1}{\omega C} \qquad (8.12)$$

sig'im qarshilik deyiladi.

(8.11) dan ko'rinadiki, kondensator qoplamalaridagi zaryad sig'imga to'g'ri proporsional bo'lgani uchun, sig'im qancha katta bo'lsa, zanjir bo'ylab ko'chuvchi zaryad ham shuncha ko'p bo'ladi. CHastota qancha katta bo'lsa, kondensator shuncha tez zaryadlanadi va razryadlanadi. Demak, zanjir bo'ylab vaqt birligida shuncha ko'p zaryad o'tadi. SHuning uchun chastota va sirim qancha katta bo'lsa, sig'im qarshilik shuncha kichik bo'lib, tok ko'p o'tadi.

(8.9) va (8.11) ni grafik ravishda ifodalasak, 175-rasmdagi grafik hosil bo'ladi.



176- расм.

175-rasm.

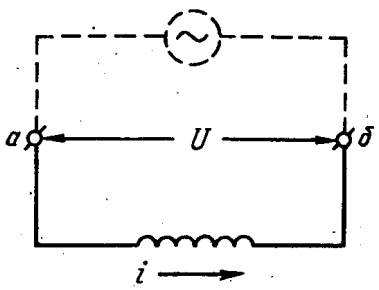
Olingan kattaliklarni vektor ko'rinishda ifodalasak, kuchlanish vektori tok o'qi bilan moc kelmasdan, u bilan 176- rasmda ko'rsatilgandek $-\frac{\pi}{2}$ burchak hosil qiladi. (8.12) ga SI sistemasida davriy chastota va sig'im birliklarini qo'ysak, qarshilik birligi Om kelib chiqadi. Kondensatordan o'tayotgan tok issiqlikka aylanmayotganligi uchun sig'im qarshiligiga reaktivlik qarshilik. deyiladi.

(5.11) ga SI sistemasida davriy chastota va sig'im birliklarini qo'ysak, qarshilik birligi Om kelib chiqadi. Kondensatordan o'tayotgan tok issiqlikka aylanmayotganligi uchun sig'im qarshiligiga reaktiv qarshilik deyiladi.

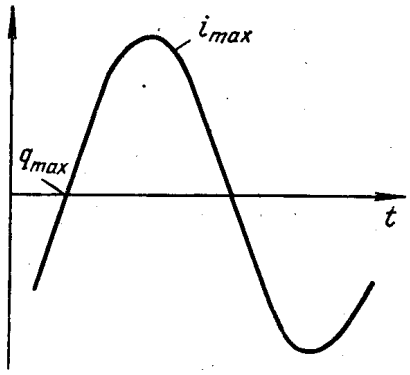
81- §. O'zgaruvchan tok zanjirida induktivlik

O'zgaruvchan tok zanjiriga faqat induktivligi L bo'lgan g'altak ulangan bo'lsin (177-rasm). U vaqtda bu zanjirdan o'tayotgan tok sinusoidal bo'lib, quyidagicha ifodalangandir.

$$i = I_0 \sin\omega t \qquad (8.3)$$



177- расм.



178- расм.

Induktiv g'altakdan bunday o'zgaruvchan tok o'tishida o'zinduksiya EYUKi hosil bo'ladi. U quyidagicha ifodalanadi:

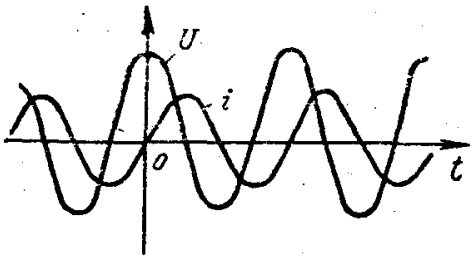
$$E_i = -L\frac{di}{dt}$$

U vaqtda g'altak ulangan qismdagi

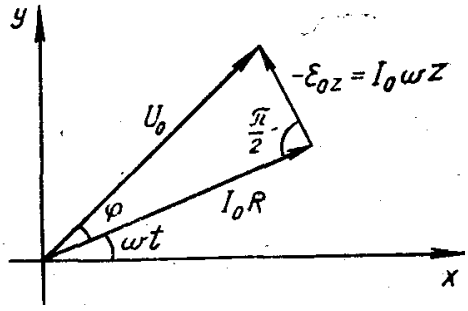
potensialning tushuvi ham shu EYUK ga mikdor jihatidan teng bo'ladi. Agarda tok yo'nalishi rasmda ko'rsatilgandek bo'lsa, ya'ni

$$U = -E_i = L\frac{di}{dt} \qquad (8.13)$$

(8.13) ga (8.3) ifodani keltirib qo'ysak, g'altakdagi kuchlanishning tebranish ifodasi kelib chiqadi:



179-расм.



180-расм.

$$U_L = L\frac{di}{dt} = I_0 L\omega \cos\omega t = I_0 L\omega \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

(8.13a)

(8.13") bilan (8.3) ifodalarni taqqoslasak, zanjirda tok kuchining tebranishidan induktivlikda kuchlanishning tebranishi $\frac{\pi}{2}$ fazaga oldinda boradi. CHunki kosinus hosilasi kosinus nolga teng bo'lganda eng katta qiymatga ega bo'ladi, ammo kosinus maksimumga ega bo'lishidan chorak davr oldin uning hosilasi maksimum qiymatga ega bo'ladi (178-rasm). Zanjirning omik qarshiligi $(R \to 0)$ hisobga olinmagani uchun zanjir uchlariga berilgan kuchlanish induktivlikda hosil bo'lgan EYUK ning teskari ishorasi bilan olingan qiymatiga teng bo'lib, bu tokning o'zgarish tezligi $\left(\frac{di}{dt}\right)$ ga bog'liq. SHuning uchun tokning nol qiymatdan o'tishida EYUK maksimal qiymatga ega bo'ladi.

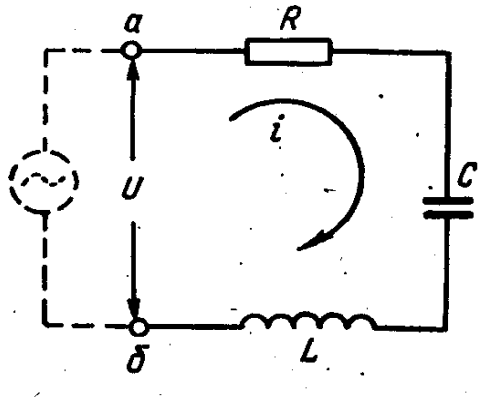
(8.13a) ifodadan maksimal qiymati $U_0 = I_0 L\omega$ ni Om qonuni bilan taqqoslasak, $L\omega$ ifoda qarshilik rolini o'ynaydi. SHuning uchun unga induktiv qarshilik deyiladi;

$$R_L = \omega L \qquad (8.14)$$

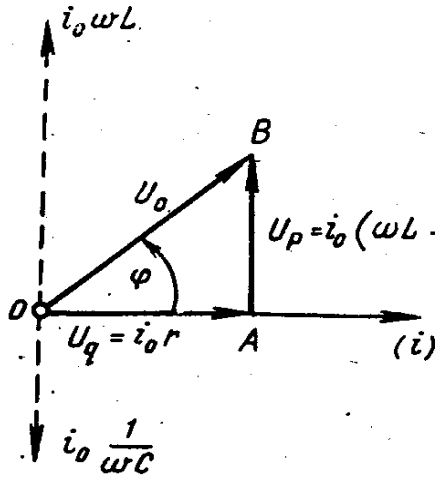
(8.14) dan ko'rinadiki, qarshilik induktivlikka, davriy chastotaga to'g'ri proporsional bo'lar ekan. Bu ifodaga induktivlik va chastota SI dagi birligini qo'ysak, qarshilik birligi Om kelib chiqadi. Ammo bu qarshilik ham sig'im qarshiligi kabi reaktivdir, ya'ni tok o'tishi natijasida g'altakda Joul — Lens, uccuqligi ajralib chiqmaydi.

(8.3) va (8.13°) ni grafik ravishda ifodalasak, ularning siljishlari 179-rasmda aniq ko'rinib turibdi. Olingan kattaliklarni vektor diagrammasini chizsak, unda tok o'qiga nisbatan induktivlikda kuchlanishtushuvining amplituda qiymati $\frac{\pi}{2}$ ga oldinligi 180-rasmda ko'rinadi. Induktiv qarshilikni orttirish uchun bir-biridan

ajratish uchun laklangan simdan iborat temir o'zak kiritiladi. Bunday g'altakka drossel deyiladi



181- расм.



182- расм.

.

O'zgaruvchan tok uchun Om qonuni

Umumiy holda berilgan o'zgaruvchan tok zanjirida sig'imi S bo'lgan kondensator, induktivligi L bo'lgan g'altak va R qarshilikdan iborat zanjirga ketma-ket ravishda o'zgaruvchan tok manbai 181-rasmda ko'rsatilgandek ulangan bo'lsin. Bu zanjirdan o'tayotgan tok yuqorida ko'rganimizdek sinusoidal bo'lsin:

$$i = I_0 \sin \omega t \qquad (8.3)$$

Zanjirdagi umumiy kuchlanishning qiymati ulangan kat-taliklardagi kuchlanishning yig'indisiga teng. Ammo ular ham oldingi paragraflarda ko'rganimizdek fazalari bilan farq qilgan holda sinusoidal o'zgaradilar.

$$U = U_R + U_C + U_L = iR + i(R_C + R_L) = U_a + U_p$$

Bu kuchlanishlarni tok o'qiga nisbatan vektor -diagrammasini chizsak, 182-rasmdagi ko'rinishdagi uchburchak hosil bo'ladi. Diagrammada bu kattaliklarning amplituda qiymatlari ifodalangan. Bu ifodadagi U_a—R aktiv qarshilikdagi kuchlanishning tebranishi bo'lib, tok o'qining yo'nalishida uning amplitudasi $I_0 R$ dan iborat: $U_p = U_C + U_L$— bu zanjirda issiqlik ajralmaydigan qismi bo'lib, reaktiv qarshiliklarda kuchlanishning tebranishini ifodalaydi. Ular o'zaro qarama-qarshi yo'nalishda bo'lib, natijaviy tok o'qiga tik yo'nalgan, uning amplitudasi $I_0\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$ dan iborat. 182- rasmda ifodalangan vektor diagrammadan foydalanib, tok o'qi bilan natijaviy kuchlanish orasidagi burchak—siljish fazasini va bu zanjir uchun Om qonunini yozamiz. Uchburchak AOV to'g'ri burchakli uchburchak bo'lib undan faza siljishini aniqlasak,

$$tg\varphi = \frac{AB}{OA} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \qquad (8.15)$$

Pifagor teoremasiga asosan kuchlanish amplitudasi

$$U_0 = \sqrt{OA^2 + AB^2} = I_0 \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \qquad (8.16)$$

(8.16) dan tok kuchining amplituda qiymatini topsak,

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U_0}{Z} \qquad (8.17)$$

hosil bo'ladi. Bu o'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonunini ifodalaydi.

(8.17) dagi

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = \sqrt{R_a^2 + R_p^2} \qquad (8.18)$$

zanjirning to'la qarshiligi deyiladi. Bunda

$$R_p = \omega L - \frac{1}{\omega C} \qquad (8.19)$$

reaktiv qarshilikdir. Bu yozilgan ifodalarda o'zgaruvchan tok generatori hisobga olinmasdan faqat zanjir qismlariga ulangan qarshilik, kondensator va induktivlik hisobga olingan. Agar generatorning EYUKi ni hisobga olsak, (8.15) o'zgarmaydi, ammo (8.17) ning ko'rinishi o'zgaradi:

$$I = \frac{E_0}{Z} \qquad (8.17a)$$

Demak, kuchlanish amplitudasi o'rnida EYUKning amplituda qiymati ishtirok etadi. O'zgaruvchan tok zanjirida rezonans hodisasi

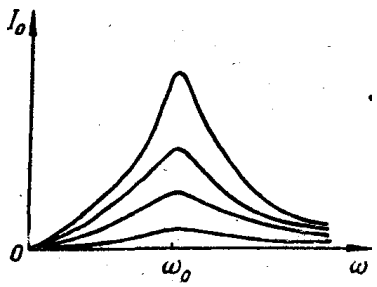
Aktiv qarshilik (R), kondensator (S) va induktiv g'altak (L) ketma-ket ulangan zanjirga EYUKi

$$E = E_0 \sin \omega t$$

bo'lgan o'zgaruvchan tok manbai ulanganda zanjirdan o'tuvchi tok ham sinusoida qonuniga (165-e rasm) bo'ysunadi:

$$i = I_0 \sin(\omega t - \varphi)$$

Bu ifodadagi tok kuchining amplituda qiymati (8.17a) boshlang'ich fazasi esa (8.15) orqali ifodalanadi. (8.15) va (8.17a) ifodalardagi doiraviy chastotani o'zgartirsak, bu formulalar ifodalagan tokning amplituda qiymatini, zanjirning to'la qarshiligini va boshlang'ich fazasini ham o'zgarishiga olib keladi.

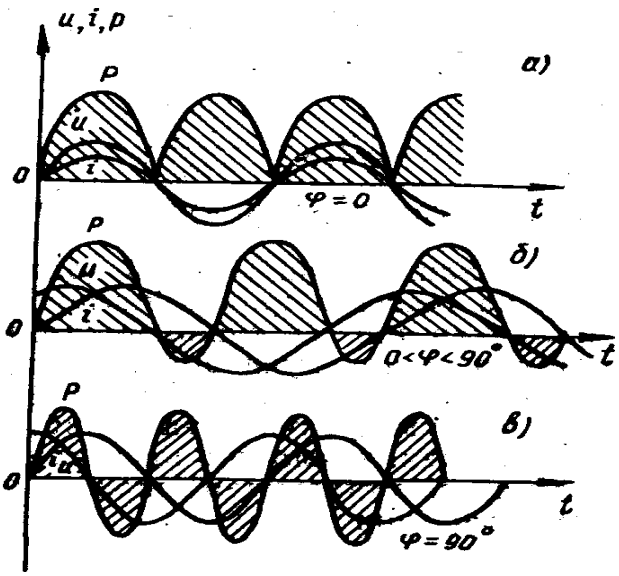


183-расм.

Tok kuchi amplitudasi doiraviy chastota kamayishi bilan kamayib boradi. Agarda chastota nolga (ω=0) teng bo'lsa, sig'im qarshilik cheksiz ($R_C = \frac{1}{\omega C} \to \infty$) ta teng bo'ladi. Natijada tok kuchi amplitudasi nolga teng bo'ladi. Bu vaqtda tok doimiy tokdan (ω=0) iborat bo'lib, u kondensatordan o'tmaydi. Agarda doiraviy chastotaning ortib borishini kuzatsak, reaktiv qarshilik, (8.19) formuladan ko'rinadiki, oldin

kamayib boradi, natijada to'la qarshilik ham kamayib, tok kuchi amplitudasi ortib boradi. SHunday holatgacha chastotani o'zgartiraylikki, zanjirdagi sig'im va induktiv qarshiliklar o'zaro teng bo'lib qolsin. Bu vaqtda doiraviy chastota $\omega^2 = \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ bo'lib, reaktiv qarshilik, (8.19) dan nolga teng va zanjirning qarshiligi faqat omik (aktiv) qarshilikka teng bo'lib, zanjirning qarshiligi eng kichik qiymatga ega bo'ladi. Bu holda EYUK bilan tok kuchi orasidagi faza siljishi nol (φ=0) ga teng bo'ladi. Bu vaqtda tok kuchining amplituda qiymati maksimumga etadi. Bu hodisaga kuchlanish rezonansi deyiladi. Doiraviy chastota orta boraversa ($\omega > \omega_0$), reaktiv qarshilikning kvadrati ortib borib, zanjir qarshiligini orttiradi. Natijada tok kuchining amplituda qiymati asimptotik ravishda nolga intilib boradi. Demak, bu holda tok kuchining amplituda qiymati doiraviy chastotaga bog'liq holda o'zgarar ekan. Bo'larning o'zaro bog'lanish egriligiga rezonans egriligi deyiladi. Bu egrilik maksimumi tashqi qarshilik ortishi bilan kamayib borishi 183-rasmda keltirilgan. Bu holda sig'im, induktivlik o'zgarmasdir.

O'zgaruvchan tokning ishi, quvvati va uning foydali ish koeffisienti



184-расм.

O'zgaruvchan tokning ishi va quvvatini hisoblashni oddiy, ya'ni zanjirda faqat aktiv qarshilik mavjud bo'lgan holda foydalanaylik. CHunki bu vaqtda kuchlanish va tok kuchi bir xil fazada bo'ladilar:

$$u = U_0 \sin\omega t \text{ va } i = I_0 \sin\omega t$$

Juda kichik vaqt ichida o'zgaruvchan tokni deyarli o'zgarmas tok deb qarab, uning oniy quvvatini hisoblasak,

$$P_t = iu = I_0 U_0 \sin^2 \omega t \qquad (8.20)$$

Quvvatning bu oniy qiymatining vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi 184- a rasmda ifodalangan. Bu rasmda kuchlanish, tok kuchi va quvvatning oniy qiymatlari ifodalangan bo'lib, ularning qiymatlari har xil, kuchlanish va tok kuchi manfiy qiymatga ega bo'lganda ham oniy quvvat musbat qiymatga egadir.

Ammo biz uchun quvvatning oniy qiymati emas, balki bir necha davrni o'z ichiga olgan vaqtdagi quvvatning o'rtacha qiymati kerakdir. Buning uchun shu kuzatilayotgan vaqtda bajarilgan ishdan. foydalanamiz. U vaqtda bajarilgan ish (5.20) ni hisobga olsak, quyidagicha ifodalanadi:

$$dA = P_t dt = I_0 U_0 \sin^2(\omega t) dt \qquad (8.21)$$

Bir davrda bajarilgan ish quyidagi ko'rinishni oladi:

$$A_T = \int_0^T dAI = I_0 U_0 \int_0^T \sin^2 \omega t dt \qquad (8.22)$$

Bu ifodada

$$\int_0^T \sin^2 \omega t dt = \frac{T}{2}$$

ekanligini hisobga olsak, (8.22) quyidagicha ifodalanadi:

$$A_T = \frac{1}{2} I_0 U_0 T \qquad (8.22a)$$

Bir davrdagi o'rtacha quvvat esa

$$P = \frac{A_T}{T} = \frac{1}{2} I_0 U_0 = \frac{U_0^2}{2R} \qquad (8.23)$$

Tok kuchi va kuchlanishning effektiv qiymatlarini o'rniga qo'ysak, quvvat

$$P = I_{эф} U_{эф} = \frac{U_{эф}^2}{R} \qquad (8.23a)$$

hosil bo'ladi. Bu o'zgarmas tok quvvatining ifodasiga o'xshaydi.

O'zgaruvchan tok zanjirini umumiy holda olib, ya'ni zanjirda aktiv va reaktiv qarshiliklar mavjud bo'lganda bajariladigan ish va quvvatni aniqlaylik. Bu holda kuchlanishlar va tok kuchi orasida fazalar farq-lari mavjud bo'ladi. o'zgaruvchan tok o'tishida avval tok kuchi 0 dan to maksimum I_0 gacha orta borib, har bir qisqa vaqtlar dt davomida, kuchlanish va tokning shu onlardagi qiymatiga qarab, o'tkazgichda ajralgan energiya bajaradigan elementar ishi

$$dA = iudt \qquad (8.24)$$

bo'lib, $dt_1, dt_2, ...$ onlarda bajarilgan ishlar $dA_1, dA_2, ...$ miqdor jihatidan har xil bo'ladi. Zanjirdagi kuchlanish va tok kuchining oniy qiymatlari

$$u - U_0 \sin \omega t$$

$$i = I_0 \sin(\omega t - \varphi)$$

bo'lib, dt vaqt davomida bajarilgan ish (8.24) ga asosan

$$dA = I_0 U_0 \sin(\omega t - \varphi) \sin \omega t dt \qquad (8.24a)$$

oniy quvvat esa

$$P_t = I_0 U_0 \sin(\omega t - \varphi) \sin \omega t$$

Biz hozircha bir davr (T) davomida o'zgaruvchan tokning bajargan ishini va o'rtacha quvvatini topaylik. Bu davrda bajarilgan ishni aniqlasak,

$$A = \int_0^T I_0 U_0 \sin(\omega t - \varphi) \sin \omega t dt = I_0 U_0 \left[\cos\varphi \int_0^T \sin^2 \omega t + \sin\varphi \int_0^T \sin \omega t \cos \omega t \right] = \frac{I_0 U_0 T}{2} \cos\varphi + \frac{I_0 U_0 T}{2} \cos(\omega t - \varphi)$$

hosil bo'ladi. Ikkinchi qo'shiluvchi hadning bir davrdagi o'rtacha qiymati nolga teng. U vaqtda bajarilgan ish

$$A_T = \frac{1}{2} I_0 U_0 T \cos\varphi \qquad (8.25)$$

bo'ladi. Bir davrdagi o'zgaruvchan tokning quvvati

$$P_T = \frac{1}{2} I_0 U_0 \cos\varphi \qquad (8.26)$$

Faza siljishi $\varphi = 0$ bo'lsa, tok bilan kuchlanish bir momentda 0 yoki maksimum

bo'lib, istalgan onlarda ularning ko'paytmasi, ya'ni quvvat vaqt o'qining yuqori — ust tomonida musbat qiymatga ega bo'ladi (184-a rasm).

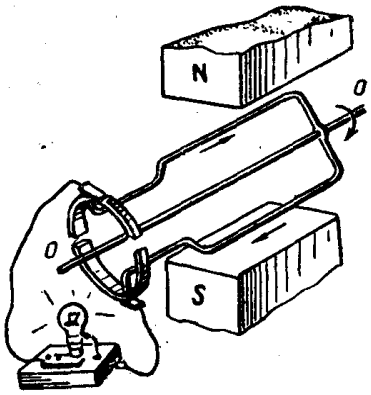
SHunday qilib, o'zgaruvchan tok manbaiga ulangan sistemalar oladigan foydali quvvati faza siljishig'a bog'liq holda noldan maksimumgacha bo'lishi mumkin.

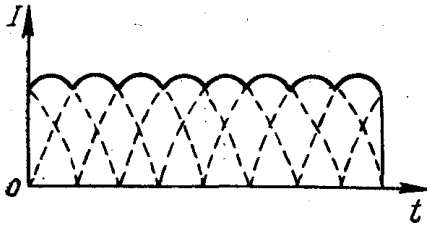
Amalda, elektrotexnikada uchraydigan o'zgaruvchan tok zanjiridagi quvvatdan to'liq foydalanish uchun faza siljishiga bog'liq $\cos\varphi$ qiymatini birga tenglash uchun kurashadilar, amalda bu $\cos\varphi$ o'zgaruvchan tokning foydali quvvat koeffisienti deb yuritiladi.

Tok kuchi va kuchlanishning effektiv qiymatlari orqali (8.26) ni ifodalasak, quvvat quyidagi formula bilan aniqlanadi:

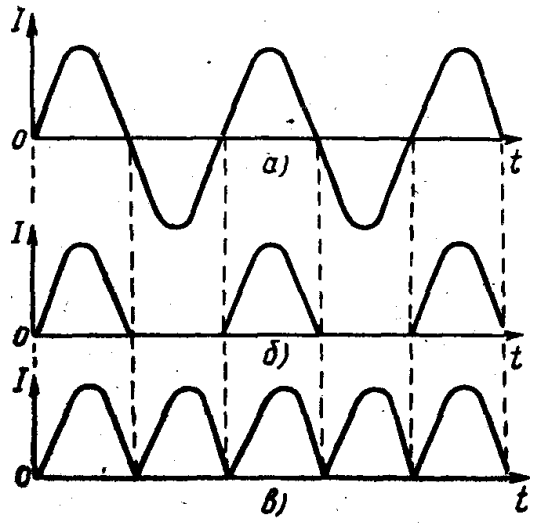
$$P = I_{эф} U_{эф} \cos\varphi \qquad (8.\ 26a)$$

Induktiv va sig'im qarshiliklarda tok kuchi bilan kuchlanish orasidagi faza siljishi $\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$ ga teng edi. Demak, (8.26a) formulaga asosan, zanjirning iiduktiv va sig'imi qarshiliklaridan tok o'tib turishiga qaramasdan, ularda energiya umuman ajralib chikmaydi, sarf-lanuvchi quvvat nolga teng bo'ladi, chunki kondensatorda elektr maydon hosil qilishga davriy ravishda sarf bo'ladigan (kondensator zaryadlanishida) energiya, bu maydon yo'qoliщida (kondensatorning razryadlannshida) shunday davriylik bilan zanjirga qaytadi. Xuddi shuningdek, o'zinduksiya g'altagining magnit maydonini hosil qilishga (tokning o'sish vaqtida) davriy ravishda sarflanadigan energiya ham bu maydonning yo'qolishida (tokning kamayish vaqtida) shu mikdorda va shunday davriylik bilan zanjirga qaytaryladi. Faqat aktiv qarshilik bo'lgandagina elektr energiya o'tkazgichning ichki energiyasiga aylanadi, natijada o'tkazgich qiziydi.





O'zgarmas tok ko'pincha tokni to'g'rilagichlar deb ataladigan maxsus qurilmalar yordamida hosil qilinadi. Har qanday to'g'rilagichning ishlashi faqat ma'lum bir yo'nalishda tok o'tkazadigan zanjir qismlari hosil qilish mumkinligiga asoslangan. Ikki elektrodli lampalar (diodlar) shunday xususiyatga ega.

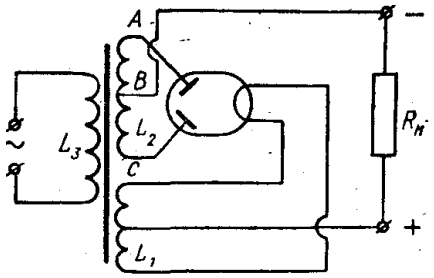


187- расм.

O'zgarmas tokni maxsus generatorda ham hosil qilish mumkin. Buning uchun o'zgaruvchan tok generatoridagi halqalarni yarim halqalar bilan almashtirish kerak. Bu yarim halqalarga ramka chulg'amining uchlari mahkamlanadi (186-rasm). YArim halqalar o'qqa mahkamlangan bo'lib, o'ramlar bilan birgalikda aylanadi va bunda qo'zg'almas cho'tkalarga tegib o'tadi. O'ramdagi tok o'z yo'nalishini o'zgartirganda yarim halqalar cho'tka-larini o'zgartiradi. SHuning uchun tashqi zanjirda paydo bo'lgan tok hamma vaqt bir xil yo'nalishda bo'ladi, biroqk uning kattaligi vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Bunday tokni pulhsasiyalanuvchi tok deb ataladi. 187- rasmda o'zgaruvchan (a), to'g'rilangan (b) va pulhsasiyalanuvchi (v) tokning grafiklari ko'rsatilgan. Pulhsasiyalanuvchi tokda tok kuchining katta o'zgarishlarini bartaraf qilish uchun yakorh chulg'amlari ko'p g'altaklar (seksiyalardan tuziladi, ular bir-biriga ma'lum burchak ostida qiya qilib joylashtiriladi va bu seksiyalar o'zaro ketma-ket ulanadi. Bunday ulanganda tashqi zanjirda tok kuchi nolgacha pasayib kamayib ketmaydi. Seksiyalar soni ko'p bo'lganda tokning o'zgarishlari ham uncha ko'p bo'lmaydi (188-rasm). Odatda yakorda 100 ga yaqin seksiya bo'ladi. Bunday kollektordagi yarim halqalar o'rniga bir-biridan izolyasiyalangan plastinalar o'rnatiladi. Kollektor plastinalarining soni seksiyalar soniga teng bo'ladi. Kollektorning har bir plastinasiga bir seksiyaning oxiri va bundan keyingi seksiyaning uchi ulanadi. Bu holda pulhsasiyalanuvchi tok emas, balki deyarli o'zgarmas tok olinadi.

O'zgaruvchan tokni to'g'rilash

Biz 50- paragrafda ikki elektrodli elektron lampa — diodning ishlash prinsipi bilan tanishib chiqqan edik. SHu sababli dioddan o'zgaruvchan tok to'g'rilagich sifatida foydalanish mumkin. O'zgaruvchan tokni to'g'rilashda ishlatiladigan ikki elektrodli lampalar kenotronlar deb ataladi. 189-rasmda o'zgaruvchan tokni kenotron yordamida to'g'rilashning prinsipial sxemasi berilgan.



L_3 g'altakda o'zgaruvchan magnit maydon hosil qiladi, demak, L_1 va L_2 galtaklarda o'zgaruvchan EYUK induksiyalanadi va zanjirda o'zgaruvchan tok vujudga keladi. L_1 g'altak katodni cho'g'lantirish toki bilan ta'minlaydi. L_2 g'altak esa anodga o'zgaruvchan kuchlanish beradi. Anodda katodga nisbatan musbat potensial bo'lganida shu yarim davrda lampa va R qarshilik orqali tok o'tadi. Anod manfiy potensialga ega bo'lganda lampa berk bo'ladi, lampa va R qarshilik orqali tok o'tmaydi. SHunday qilib, qarshiligi K bo'lgan o'tkazgichdan to'g'rilagichga kuchlanishning har bir musbat yarim davri davomidagina tok o'tadi (187-a, b rasm). Rasmda vaqt o'tishi bilan tok kuchining to'g'rilangunga qadar (a) va to'g'rilangandan keyin (b) o'zgarish grafiklari keltirilgan. Bu tok pulhsasiyalanuvchi, kattalik jihatdan o'zgaruvchidir. 187- b rasmdan o'zgaruvchan tokni to'g'rilash uchun faqat bitta yarim davrigina foydalanilayotgani ko'rinib turibdi. o'zgaruvchan tokning ikkala yarim davridan foydalanish uchun bitta yarim davrli to'g'rilagich o'rniga ikkita yarim davrli to'g'rilagich qo'llaniladi. Ikkita yarim davrli to'g'rilagich sxema bo'yicha to'g'rilashda ikkita kenotrondan yoki ikki anodli kenotrondan foydalaniladi. 190-rasmda ikki anodli kenotrondan to'g'rilagich sifatida foydalanishning prinsipial sxemasi berilgan. L_2 g'altakning A va V nuqtalari orasidagi kuchlanish V va S nuqtalari orasidagi kuchlanishga teng bo'ladigan qilib teng ikki qismga bo'lingan.

G'altakning A va S uchlari kenotronning ikki anodiga ulangan. A nuqtada musbat potensial bo'lganda S nuqtada manfiy potensial bo'ladi. Bu yarim davrda anod zanjirida tok A nuqtaga ulangan yuqorigi anod orqali o'tadi, ikkinchi yarim davrda A va S nuqtalardagi potensialning ishoralari almashinadi va bu yarim davrda anod zanjirida tok S nuqtaga ulangan pastki anod orqali o'tadi. To'la davr davomida o'zgaruvchan tokning ikkala yarim davrlarida anod zanjirida tok bo'ladi.

Ikkita yarim davrli to'g'rilagichdagi pulhsasiyalanuvchi tokning grafigi 187- v rasmda ko'rsatilgan. Bu tok maxsus filhtrlar yordamida faqat yo'nalish jihatidan emas, balki kattaligi jihatidan ham o'zgarmas tokka keltiriladi (188- rasmga q.).

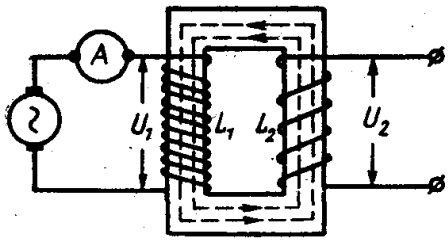
Transformator

Ko'pgina elektr apparatlarini va asboblarini ishlatishda turli kuchlanishdan foydalanishga to'g'ri keladi. Hatto ayni bir elektr apparatining o'zida tokning turli kuchlanishlari kerak bo'lib qoladi. Masalan, radiopriyomnikda lampani cho'g'lantirish uchun bir necha volhtgina, uning kuchaytirgichining ishlashi uchun esa byar necha yuz volht kuchlanish kerak bo'ladi. Vaholanki, ko'pincha ixtiyorimizda muayyan kuchlanishli bittagina tarmoq bo'ladi. SHu sababli o'zgaruvchan tokni o'zgartirishga to'g'ri keladi. Ayni bir chastotaning o'zida o'zgaruvchan tok kuchlanishi bilan tok kuchini bir vaqtda o'zgartirish o'zgaruvchan

tokni transformasiyalash deyiladi.

O'zgaruvchan tokni transformasiyalaydigan asbob transformator deyiladi. Transformatorning ishlashi elektromagnit induksiya hodisasiga asoslangan.

Transformator bir-biridan izolyasiyalangan po'lat plastinalardan yasalgan berk o'zak va unga kiydirilgan ikki g'altakdan iborat bo'lib, g'altaklar bir-biri bilan tutashmaydi (191-rasm).



191-расм.

O'zak berk ramka shaklida bo'lib, maxsus po'latning alohida plastinkalaridan yig'iladi, po'latning bu navi qayta magnitlanishda kam qiziydi. o'zgaruvchan tok zanjiri ulanadigan L_1 g'altak birlamchi chulg'am, elektr energiyasi iste'molchilari ulanadigan L_2 g'altak esa, ikkilamchi chulg'am deyiladi. Birlamchi chulg'amdan o'tayotgan o'zgaruvchan tok Transformatorning o'zagida o'zgaruvchan magnit oqimi hosil qiladi, bu oqim ikkilamchi chulg'amda o'zgaruvchan induksiya EYUK ni vujudga keltiradi.

Agar birlamchi chulg'amni o'ramlar soni N_1 kam, ikkilamchi chulg'amni o'ramlar soni N_2 ko'p qilib olinsa, ikkilamchi chulg'amda kuchlanish yuksaladi. Bu transformator yuksaltiruvchi transformator bo'ladi.

Agar birlamchi chulg'amning o'ramlar soni ko'p, ikkilamchi chulg'am o'ramlar soni kam qilib olinsa (191-rasmdagidek), ikkilamchi chulg'amda kuchlanish pasayadi. Bu transformator pasaytiruvchi transformator bo'ladi.

Transformatorning ikkala chulg'amini ayni bir magnit oqimi kesib o'tadi, shuning uchun o'ramning qaysi chulg'amga tegishli bo'lishiga qaramay, har bir o'ramda birday EYUK vujudga keladi:

$$E_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} = N_1 \omega \Phi_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$E_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = N_2 \omega \Phi_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

SHunday qilib, chulg'amlarda vujudga keladigan EYUK larning nisbati chulg'amlardagi o'ramlar soni nisbatiga teng bo'ladi:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

bu yerda E_1 — birlamchi va E_2 — ikkilamchi chulg'amlardagi EYUK bo'ladi.

Birlamchi chulg'amga qo'yilgan U_1 kuchlanish bilan E_1 EYUK yig'indisi birlamchi chulg'amdagi potensialning tushishiga teng bo'lishi kerak:

$$U_1 + E_2 = I_1 R_1$$

bu yerda R_1— chulg'amning aktiv qarshiligi, I_1— chulg'amdagi tok kuchi. Odatda chulg'amning aktiv qarshiligi juda kichik bo'ladi, shuning uchun $I_1 R_1$ hadni hisobga olmasa ham bo'ladi. SHu sababli

$$U_1 = |E_1| = N_1 \omega \Phi_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Transformatorning ikkilamchi chulg'ami ochiq bo'lganda (bunda $I_2 = 0$ bo'ladi), uning uchlaridagi kuchlanish quyidagiga teng:
$U_2 = E_2$

Bulardan foydalanib, quyidagi munosabatni yozish mumkin:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad (8.28)$$

ya'ni Transformatorning birlamchi o'rami uchlaridagi kuchlanishning ikkilamchi o'rami uchlaridagi kuchlanishga nisbati birlamchi g'altak o'ramlar sonining ikkilamchi g'altak o'ramlari soniga nisbatidek bo'lar ekan.

K kattalik transformasiya koeffisienti deb ataladi. Agar K > 1 bo'lsa, transformator pasaytiruvchi $U_1 > U_2$, K < 1 bo'lsa, yuksaltiruvchi $U_1 < U_2$ transformator bo'ladi.

Transformatorning ikkilamchi chulg'amiga iste'molchi ulansa, energiya birlamchi zanjirdan ikkilamchi zanjirga uzluksiz ravishda o'tib turadi. Energiyaning saqlanish qonuniga binoan, ikkilamchi zanjirdagi tokning quvvati birlamchi zanjirdagi tokning quvvatiga teng bo'lishi kerak, ya'ni

$I_1 U_1 = I_2 U_2$ yoki $P_1 = P_2$

bundan

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \qquad (8.29)$$

kelib chiqadi. Demak, transformator yordamida kuchlanish necha marta orttirilsa, tok kuchi shuncha marta kamayadi yoki aksincha. (8.28) va (8.29) munosabatlarga asoslanib, quyidagini yozish mumkin:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \qquad (8.30)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, transformatorning birlamchi va ikkilamchi g'altaklaridagi nagruzka toklari, shu g'altaklardagi o'ramlar soniga teskari proporsional bo'ladi. CHulg'amlarda va o'zakda issiqlik ajralib chiqishi tufayli va energiyaning boshqa xil isroflari mavjud bo'lishi tufayli (8.29) munosabat taxminan bajariladi.

Quyidagi

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1} \qquad (8.31)$$

munosabat transformatorning FIK ni bildiradi. Hozirgi zamon qudratli transformatorlarida bu koeffisient 94—99 foizga etadi.

Nazorat savollari.

1. O'zgaruvchan tokning quvvati, ishi.
2. Tok va kuchlanishning effektiv qiymatlari.
3. O'zgaruvchan tok zanjirlarida tarmoqlanish.
4. Kuchlanish va toklar rezonansi.

5. Elektr va magnit maydonlarni o’zaro bog’liqligi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O’quv yurtlarining fizika ixtisosi bo’yicha darslik. O’qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O’quv yurtlari uchun qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel’ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O’quv yurtlari uchun qo’llanma. O’qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov “Fizika kursi”, “Fan va texnologiya”, nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev “Fizika kursi”, “O’zbekiston milliy kutubxonasi”, nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov “Elektromagnetizim”, “Iqtisod-moliya”, nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov “Fizika”, “Aloqachi” , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. “Elektr va magnetizim”, “Iqtisod-moliya”, nashriyoti, 2007.

33-maruza. Elektromagnit maydon. Maksvell postulatlari. Siljish toki. Elektromagnit to'lqinlar. Elektromagnit to'lqinlarning xususiyatlari, ularning ko'ndalang to'lqin ekanligi. To'lqin energiyasi. Poynting vektori. Elektromagnit to'lqinlarni hosil qilish. Gerts tajribalari.

Reja:

1. Elektromagnit maydon. Maksvell postulatlari. Siljish toki.
2. Elektromagnit to'lqinlar. Elektromagnit to'lqinlarning xususiyatlari, ularning ko'ndalang to'lqin ekanligi.
3. To'lqin energiyasi. Poynting vektori. Elektromagnit to'lqinlarni hosil qilish. Gerts tajribalari.

Elektromagnit to'lqinlar va elektromagnit maydon

o'tgan asrning 60-yillarida Maksvell elektr va magnit hodisalarining yagona nazariyasini yaratdi. Bu nazariyani elektromagnit maydon nazariyasi deb ataladi. Maksvell nazariyasining asosida elektr va magnit maydonlarining o'zaro uzviy bog'lanishda ekanligini ifodalovchi ikkita muhim g'oya yotadi:

1. Vaqt davomida o'zgaruvchi har qanday magnit maydon elektr maydonni yuzaga keltiradi;
2. Vaqt davomida o'zgaruvchi har qanday elektr maydon esa magnit maydonni yuzaga keltiradi.

Birinchi g'oyaning to'g'riligini elektromagnit induksiyasi hodisasi tasdiqlaydi.

Bizga ma'lumki, elektromagnit induksiya hodisasiga binoan induksion tok vaqt o'tishi bilan o'zgaradigan magnit maydondagi qo'zg'almas kontur yoki vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan magnit maydonda harakatlanuvchi konturda hosil bo'ladi, ya'ni induksion EYUK

$$E_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}\int_S B_W dS = \int\left(\frac{dB}{dt}\right)_n dS \qquad (9.1)$$

bo'lib, ikkinchidan maydon kuchlanganlik vektorining sirkulyasiyasiga teng edi:

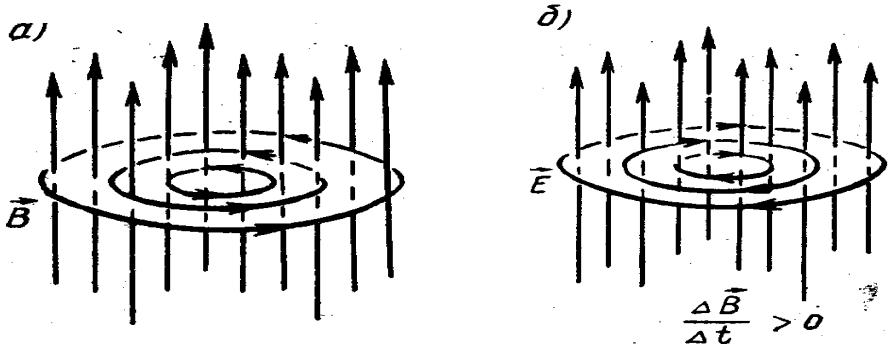
$$E_i = \oint_l E_l dl. \qquad (9.1a)$$

(9.1) formuladagi $\vec{B}$ vaqtga ham, koordinataga ham bog'liq. Bu ikkala ifoda ham induksion EYUK ni ifodalagani uchun o'ng tomonlari ham teng:

$$\oint E_l dl = \int\left(\frac{dB}{dt}\right)dS. \qquad (9.2)$$

(9.2) Maksvell elektromagnit nazariyasining asosiy tenglamalaridan biridir. Bundan, magnit maydonining o'zgarishi bilan konturda elektr zaryadlariga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlarni yuzaga kelishi ko'rinadi. Bu tashqi kuchlar konturda ro'y berishi

mumkin bo'lgan kimyoviy issiqlik jarayonlari ham, va Lorens kuchlari ham bo'lishi mumkin emas. Demak, induksion tok konturida hosil bo'luvchi elektr maydoni tufayli yuzaga keladi, hamda qo'zg'almas o'tkazgichdagi elektr zaryadlarni tartibli harakatga keltiruvchi elektr maydonni bevosita o'zgaruvchi magnit maydon yaratadi, deb ayta olamiz. Biroq bu elektr maydon biz shu vaqtgacha tilga olib kelgan elektrostatik maydondan farq qiladi. Elektrostatik maydonni elektr zaryadlari hosil qiladi, bu maydon potensial harakterdagi maydon bo'lib, uning kuchlanganlik chiziqlari zaryaddan boshlanib zaryadda tugar edi. Magnit maydon o'zgarganda yuzaga keladigan elektr maydon esa magnit maydonning induksiya chiziqlariga o'xshash berk chiziqlardir. (193-a va b rasmlar) Bu maydon uyurmaviy elektr maydon deb ataladi. Demak, elektr maydon potensial va uyurmaviy ko'rinishda hosil bo'lar ekan. Maksvellning ikkinchi g'oyasi, ya'ni elektr maydonning vaqt o'tishi bilan o'zgarishi, magnit maydonni yuzaga keltirishi lozimligi haqidagi fikri ham juda samarali chiqdi.



193-расм.

Buni elektromagnit to'lqinlarning ochilishi, elektr maydonning vaqt o'tishi bilan o'zgarishi magnit maydonni yuzaga keltirishni tasdiqlovchi asosiy faktorlardan biridir.

Ularning harakat tenglamasi quyidagicha

$$E = E_9 \sin\omega t \ \ ва \ \ H = H_0 \sin\omega t.$$

Bu maydon ma'lum yo'nalishda tarqalayotgan bo'lgani uchun u o'z tarqalish yo'nalishida yana muhitning navbatdagi nuqtasini ham garmonik tebrantiradi. Uning harakati 0 nuqtaga nisbatan $\tau = \frac{x}{v}$ vaqtga kechiqadi. Bu nuqtaning harakat tenglamasi

$$E = E_9 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) = E_0 \sin(\omega t - kx). \qquad (9.3)$$

Xuddi shu kabi

$$H = H_0 \sin(\omega t - kx). \qquad (9.3a)$$

Bu (9.3), (9.3a) tenglamalar yassi to'lqin tenglamalaridir. $k = \frac{2\pi}{\lambda}$-to'lqin soni.

Davriy ravishda o'zgaradigan elektromagnit maydonning fazoda tarqalish jarayoniga elektromagnit to'lqin deyiladi.

Elektromagnit to'lqinda elektr va magnit maydonlarning oniy taqsimlanishi 194-

rasmda ifodalangan. Bulardan ko'rinadiki, elektr va magnit maydonlarning yuqoridagi vaqt bo'yicha o'zgarish qonuniyatlari bir xil ekan, demak, ular bir xil fazadadir.

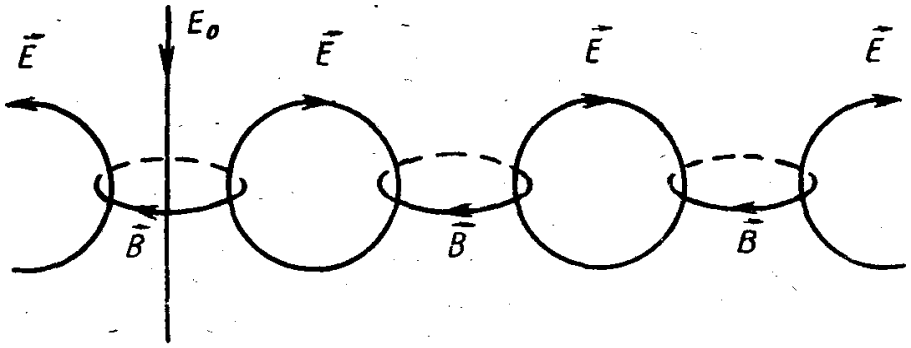
SHunday qilib, Maksvell elektr va magnit maydonlar bir-biriga chambarchas bog'langanligini nazariy yo'l bilan asoslab berdi. Elektr maydon kuchlanganligining o'zgarish tezligi $\frac{dE}{dt}$ qancha katta bo'lsa, bu elektr maydonga bog'liq ravishda vujudga keladigan magnit maydon ham shuncha kuchli bo'ladi. Xuddi shuningdek, magnit maydon induksiyasi vektorining o'zgarish tezligi qancha $\frac{dB}{dt}$ katta bo'lsa, magnit maydon bilan bog'liq ravishda hosil bo'lgan elektr maydon ham shuncha kuchli bo'ladi. Demak, o'zaruvchan magnit maydon bilan to'lgan fazo ayni vaqtda o'zgaruvchan elektr maydon bilan ham to'lgan bo'ladi, degan xulosa chiqadi.

Elektr maydon bilan magnit maydon o'rtasidagi o'zaro bog'lanish kashf qilingandan keyin bu maydonlar bir-biridan holi, bir-biridan mustaqil mavjud bo'la olmasligi ayon bo'lib qoldi.

O'zgaruvchan magnit maydon hosil qilinar ekan, ayni bir paytda fazoda o'zgaruvchan elektr maydon hosil bo'lmay iloji yo'q va aksincha, o'zgaruvchan magnit maydonsiz o'zgaruvchan elektr maydon mavjud bo'la olmaydi. Bu ikkala o'zgaruvchan maydon hamisha bir-biri bilan bog'langan bo'lib, ular birgalikda elektromagnit maydonni tashkil qiladi.

Elektromagnit maydon uyurma xarakterga ega: vujudga keltirayotgan maydonning kuch chiziqlari vujudga kelayotgan maydonning kuch chiziqlari bilan konsentrik o'rab olingan. Natijada o'zaro «o'ralgan» elektr va magnit maydonlar sistemasi hosil bo'ladi (195- rasm).

1. Demak, elektr maydonning kuchlanganligi elektromagnit nurlanish

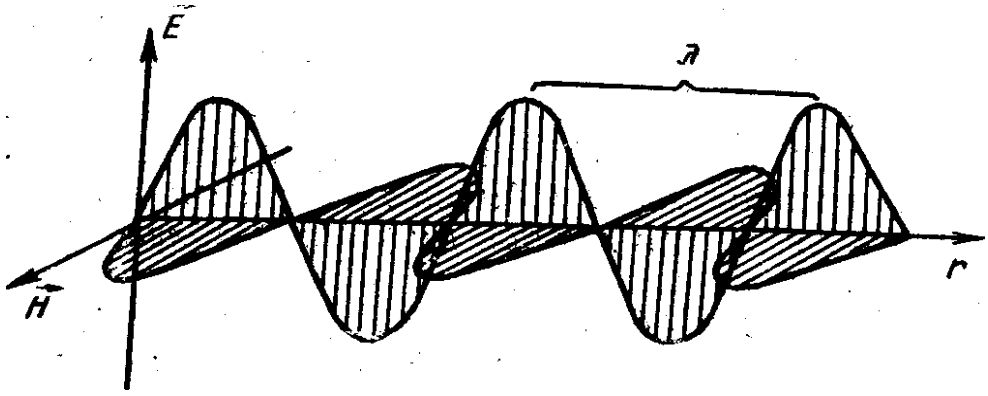


195-расм.

yo'nalishiga perpendikulyar tebranadi.

2. Magnit maydonning kuchlanganligi elektromagnit nurlanish yo'nalishiga va elektr maydonning kuchlanganligiga perpendikulyar tebranadi.

SHunday qilib, $\vec{E}, \vec{H}$ va elektromagnit to'lqinlarning tarqalish yo'nalishi o'zaro perpendikulyardir.



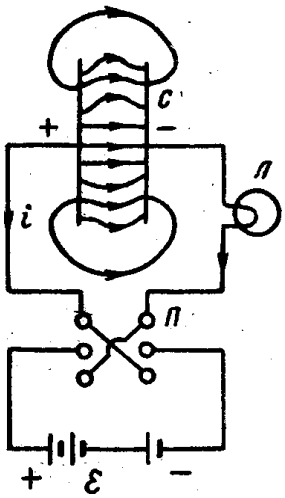
196-расм.

3. Elektr va magnit maydon kuchlanganliklari bir xil fazada tarqaladi, ya'ni fazoning mazkur nuqtasida bu maydon kuchlanganliklari bir vaqtda ortadi, bir vaqtda kamayadi, xatto nolga ham teng bo'lib qoladi.

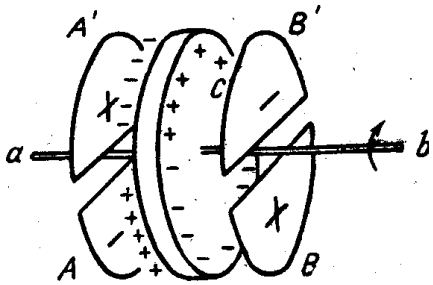
SHunday qilib, elektromagnit maydon faza jihatidan moc kelgan ikki to'lqindan iborat ko'ndalang elektromagnit to'lqin — elektr (ya'ni elektr maydon kuchlanganligi to'lqinlari) va magnit (magnit maydon kuchlanganligi to'lqinlari) to'lqinlari ko'rinishida tarqaladi (196-rasm).

Siljish toki

O'zgarmas tok zanjirida tok bo'lishi uchun zanjir berk va uning hamma nuqtasida elektr o'tkazuvchanlik bo'lishi kerak. O'zgaruvchan toklar uchun bu shart bajarilishi shart emas. Elektromagnit induksiya hodisasini qaraganimizda magnit maydon fazoda o'zgarishi bilan uyurmali elektr maydon hosil bo'lishini ko'rgan edik. Maksvell elektr va magnit maydonlar orasida o'zaro teskari bog'lanish, ya'ni elektr maydon kamayishi bilan Magnit maydon va aksincha, hosil bo'ladi degan fikrni aytadi. YUqorida ko'rganimizdek, uyurmali elektr maydon hosil bo'lishi bilan dielektrik yoki vakuumda mavjud bo'lgan kondensatorlar orqali tok o'tadi. Bu tokni Maksvell siljish toki deb atagan.



197-расм.



198-расм.

Siljish tokining hosil bo'lish mexanizmini A.A.Eyxenvalhd o'tkazgan quyidagi tajriba asosida tushuntirish mumkin. U dielektrikdan yasalgan S diskni uning markazidan o'nga tik ravishda o'tkazilgan a v o'q atrofida, 197-rasmda ko'rsatilgandek qarama-qarshi ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan A, A', V, V' yarim disklar orasida aylanma harakat qiladi. U vaqtda A' va V' yarim disklar orasida elektr maydon o'ngdan chapga yo'nalgan bo'ladi. Rasmda ko'rsatilgan yo'nalishda a v o'q atrofida S disk aylantirilganda diskning a v o'qdan o'tishida S diskning yuqori qismini chap tomoni manfiy, o'ng tomoni musbat, o'qdan pastki tomondagi diskning o'ng tomoni musbat va chap tomoni manfiy zaryad bilan zaryadlanib a v o'q tekisligidan o'tishda S diskdagi manfiy zaryadlar o'ngdan chapga, musbat zaryadlar esa chapdan o'ngga harakatlanib, dielektrik molekulalaridagi zaryadlar siljishini hosil qiladi, bu esa o'z navbatida chapdan o'ngga oquvchi siljish tokini hosil qiladi.

Qayta ulagichni har safar ulaganimizda o'tkazgichda impulhs hosil bo'lib, qisqa muddatda lampochka yonadi. Zanjirni o'zgaruvchan tok manbaiga ulasak, lampochkaning yonib-o'chishi sezilmay qoladi. Demak, o'zgarmas tok o'tmagan zanjirdan o'zgaruvchan tok o'tayapti. CHunki, konturni har bir uzilishida kondensator qoplamalari orasida vaqt bo'yicha o'zgaruvchi elektr maydon yoki siljish toki hosil bo'ladi. SHunday qilib, metall simdagi o'tkazuvchanlik toki dielektrikdagi siljish toki bilan ulanib ketadi. Kondensator qoplamalari yaqinida o'tkazuvchanlik tok zichligi

$$j = \frac{I}{S} = \frac{d\sigma}{dt} \qquad (9.4)$$

bo'ladi. $\sigma = \frac{q}{S}$ — zaryadning sirt zichligi.

Siljish toki chiziqlari ham o'tkazuvchanlik toki muhitlari kabi bo'lishi uchun siljish tokining zichligi $j = \sigma$ bo'lishi kerak. Haqiqatda dielektrikdagi $D = \varepsilon_0 E = \sigma$, undan $D = \sigma$ ni (9.4) bilan taqqoslasak,

$$j_c = D \qquad (9.5)$$

199- a rasmdan ko'rinadiki, o'tkazuvchanlik va siljish toki zichligi vektorlarining yo'nalishi elektr maydon induksiya vektori bilan moc tushadi. 199-b rasmdan ko'rinadiki, zaryad ishoralari va o'tkazuvchanlik toki va uning zichlik vektorlari chapdan o'ngga yo'nalgan. Demak, induksiya vektorining ortishi va uning yo'nalishi ham o'tkazuvchanlik toki zichligi $(\vec{j})$ vektori bilan moc tushadi. 199-v rasmdan ko'rinadiki, tok yo'nalishining o'zgarishi bilan induksiya vektori miqdor jihatidan kamayadi. SHunday qilib, $\vec{D}$ vektor o'tkazuvchanlik tok zichligi yo'nalishida o'ngdan chapga qarab yo'nalgan. Bunga asosan (9.5) ni vektor tarzida yozishimiz mumkin:

$$\vec{j}_c = \vec{D} \qquad (9.6)$$

Siljish toki o'zgaruvchan bo'lganligi uchun u o'z atrofida magnit maydon hosil qiladi. Zanjirdan o'tayotgan umumiy tokning zichligi siljish va o'tkazuvchanlik toki zichliklarining yig'indisiga teng:

$$\vec{j} = \vec{j}_y + \vec{j}_c = \vec{j}_y + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}. \qquad (9.7)$$

(9.7) dan tokni yaxshi o'tkazuvchi (metallar) moddalarda va kichik chastotada siljish toki zichligining vektori hisobga olinmasdan, o'tkazuvchanlik toki zichligi vektori katta bo'lib, umumiy tok zichligini o'tkazuvchanlik toki zichligidan iborat deb qarash mumkin. Elektrni yomon o'tkazuvchi muhitda va yuqori chastotada siljish toki asosiy rolni o'ynaydi.

Bulardan ko'rinadiki, siljish toki mavjud bo'lishi uchun o'zgaruvchan elektr maydon hosil bo'lishi kerak, siljish toki bo'lsa, o'zgaruvchan magnit maydon hosil bo'ladi. Demak, o'zgaruvchan elektr va magnit maydonlar har doim uzviy ravishda bir-birlarini hosil qiladi. Bular fazoda tarqalib elektromagnit to'lqinni hosil qiladi.

Nazorat savollari.

1. O'zgaruvchan tokning quvvati, ishi.
2. Tok va kuchlanishning effektiv qiymatlari.
3. O'zgaruvchan tok zanjirlarida tarmoqlanish.
4. Kuchlanish va toklar rezonansi.
5. Elektr va magnit maydonlarni o'zaro bog'liqligi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

34-maruza. To'lqin energiyasi. Poynting vektori. Elektromagnit to'lqinlarni hosil qilish. Gerts tajribalari.

Reja:

1. To'lqin energiyasi.
2. Poynting vektori.
3. Elektromagnit to'lqinlarni hosil qilish. Gerts tajribalari.

Erkin fazodagi elektromagnit maydon uchun to'lqin tenglamasi

YUqoridagi paragraflarda ko'rdikki, o'zgaruvchan elektr maydon magnit maydonni va aksincha, o'zgaruvchan magnit maydon elektr maydonni hosil qilib, o'zgaruvchan maydonlarning hosil bo'lishidan elektromagnit maydon hosil bo'ladi va uning tarqalishi natijasida elektromagnit to'lqin sodir bo'ladi. Endi Maksvell tenglamalar sistemasidan foydalanib to'lqin harakat tenglamasini keltirib chiqaraylik.

Maksvell tenglamasini bir jinsli neytral (ρ=0) tok o'tkazmaydigan (j=0) muhit uchun yozaylik:

$$\frac{\partial \vec{B}}{dt} = \mu\mu_0 \frac{\partial \vec{H}}{dt}, \quad (a) \qquad \frac{\partial \vec{D}}{dt} = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{dt}, (б)$$
$$div\vec{B} = \mu\mu_0 div\vec{H}, \quad (в) \qquad div\vec{D} = \varepsilon\varepsilon_0 div\vec{E}. \quad (г) \tag{9.16}$$

Bu ifodalarning boshqa ko'rinishi

$$rot\vec{H} = \vec{j}_y + \vec{D}, \quad (a) \qquad div\vec{D} = \rho, \quad (б)$$
$$rot\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{dt}, \quad (в) \qquad div\vec{B} = 0. \quad (г) \tag{9.17}$$

ekanligi bilan taqqoslasak,

$$rot\vec{E} = -\mu\mu_0 \frac{\partial \vec{H}}{dt}, \quad (a) \qquad div\vec{H} = 0, \quad (б)$$
$$rot\vec{H} = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{dt}, \quad (в) \qquad div\vec{E} = 0. \quad (г) \tag{9.18}$$

Bu ifodalardagi rot belgisi differensiyalash koordinatalar bo'yicha bo'lishini ifodalaydi. U vaqtda

$$rot\left(rot\vec{E}\right) = -\mu\mu_0 rot\left(\frac{\partial \vec{H}}{dt}\right)$$

bo'lib, $rot\frac{\partial \vec{H}}{dt} = \frac{\partial}{\partial t}\left(rot\vec{H}\right)$ bilan solishtirsak va (9.18v) ni hisobga olsak,

$$rot\left(rot\vec{E}\right) = -\varepsilon\varepsilon_0 \mu\mu_0 \frac{\partial^2 H}{dt^2} \tag{9.19}$$

Xuddi shu kabi

$$rot\left(rot\vec{H}\right) = -\varepsilon\varepsilon_0 \mu\mu_0 \frac{\partial^2 H}{dt^2} \tag{9.20}$$

hosil bo'ladi.

Ammo rot va grad larning o'zaro quyidagicha bog'lanishini hisobga olsak,

$$rotrot\vec{E} = grad\,div\vec{E} - \Delta\vec{E}$$

hosil bo'ladi. Bu ifodada orttirma emas, balki koordinatalar bo'yicha olingan

ikkinchi tartibli xususiy differensial

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

(9.18g) va (9.19) ni nazarda tutsak, bu hosil bo'lgan ifoda

$$\Delta E = \varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0 \frac{\partial^2 E}{dt^2}$$

SHunday qilib, (9.19) va (9.20) tenglamalar koordinata shaklda $\vec{E}$ vektor uchun (9.19) tenglama quyidagi shaklda yoziladi:

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2} - \frac{u^2}{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}\left(\frac{\partial^2 E_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_x}{\partial z^2}\right) = 0$$

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} - \frac{u^2}{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}\left(\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_y}{\partial z^2}\right) = 0$$

$$\frac{\partial^2 E_z}{\partial t^2} - \frac{u^2}{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}\left(\frac{\partial^2 E_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_z}{\partial z^2}\right) = 0$$

xuddi shuningdek, $\vec{H}$ vektor uchun (9.20) tenglama quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\frac{\partial^2 H_x}{\partial t^2} - \frac{u^2}{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}\left(\frac{\partial^2 H_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}\right) = 0$$

$$\frac{\partial^2 H_y}{\partial t^2} - \frac{u^2}{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}\left(\frac{\partial^2 H_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}\right) = 0$$

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2} - \frac{u^2}{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}\left(\frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}\right) = 0$$

umumiy xolda (9.19) va (9.20) tenglamalarning echimlari quyidagicha bo'ladi:

$$E = E_1\left\{t - \frac{(\vec{r},\vec{n})}{u}\right\} + E_2\left\{t + \frac{(\vec{r},\vec{n})}{u}\right\}$$

$$H = H_1\left\{t - \frac{(\vec{r},\vec{n})}{u}\right\} + H_2\left\{t + \frac{(\vec{r},\vec{n})}{u}\right\}$$

YAssi to'lqin bo'lganda $\vec{E}$ vektorning yo'nalishini z o'qi bo'ylab, $\vec{H}$ vektorning yo'nalishini y o'qi bo'ylab yo'nalgan deb tanlab olsak to'lqin tarqalish yo'nalishi $\vec{n}$ ni x o'qi bo'ylab olish qulay bo'ladi. U xolda $\cos\alpha = 1, \cos\beta = \cos\gamma = 0$ bo'lganligi uchun $(\vec{r},\vec{n}) = x$. Bundan

$$E = E_0 \sin\omega\left(t - \frac{x}{u}\right)$$

$$H = H_0 \sin\omega\left(t - \frac{x}{u}\right)$$

E_0 va H_0 lar $\vec{E}$ vektor va $\vec{H}$ vektorlarning amplituda qiymatlaridir.

(9.22) yoki (9.23) tenglamalardagi $\frac{\partial^2 E_x}{\partial x^2}$ va $\frac{\partial^2 H_x}{\partial x^2}$ larning oldidagi koeffisentlarni u^2 bilan belgilasak, to'lqinlarning tarqalish tezligini quyidagicha yozish mumkin:

$$u = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}},$$

bu erda c- $\varepsilon = 1, \mu = 1$ bo'lgandagi elektromagnit to'lqinlarning vakuumdagi tarqalish tezligidir $\left(c = 3 \cdot 10^{-8} \frac{м}{c}\right)$.

Elektromagnit to'lqin energiyasi.

Elektromagnit maydonning mavjudligi, elektromagnit to'lqinlarning mavjudligi va elektr hamda magnit maydon kuchlanganliklarining fazoda tarqalishidan hosil bo'lishini yuqorida ko'rib o'tdik. Elektr va magnit maydon kuchlanganliklarining tarqalish tenglamasi

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \sin\omega\left(t - \frac{x}{u}\right),$$

$$\vec{H} = \vec{h}_0 \sin\omega\left(t - \frac{x}{u}\right)$$

va to'lqin tenglamasi

$$\frac{\partial E}{\partial x} = -\mu\mu_0 \frac{\partial H}{\partial t},$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -\varepsilon\varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$$

bo'lib tarqalish tezligi (9.24) dan iborat edi. Bu tenglamalardan foydalansak,

$$E_0\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0} = H_0\sqrt{\mu\mu_0} \qquad (9.25)$$

ifoda hosil bo'ladi.

Elektr va magnit maydonlari mavjud bo'lganda bu maydonlarning hajmiy energiya zichliklarini (18, 66-§ larda) keltirib chiqargan edik, ya'ni

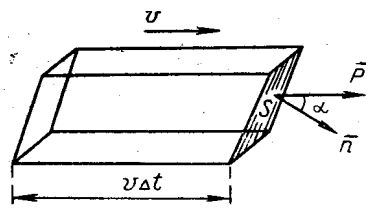
$$\omega_э = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} \quad ва \quad \omega_м = \mu\mu_0 \frac{H^2}{2} \qquad (9.26)$$

Elektromagnit to'lqinning energiya zichligi esa bu energiyalarning yig'indisidan iboratdir

$$\omega = \omega_э + \omega_м = \frac{1}{2}\left(\varepsilon\varepsilon_0 E^2 + \mu\mu_0 H^2\right). \qquad (9.27)$$

(9.24) va (9.25) ni e'tiborga olsak, (9.27) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\omega = \frac{1}{u} EH \qquad (9.27a)$$



200-расм.

Elektromagnit to'lqin maydoni o'zi bilan birga ener-

giya olib o'tadi. Buning uchun Δt vaqtda ΔS yuzadan olib o'tilgan energiyani hisoblaylik. Elektromagnit to'lqin asos yuzi ΔS ga teng bo'lgan parallelepiped qirralariga parallel ravishda $\vec{u}$ tezlik bilan harakatlanayotgan parallelepiped uzunligi l=uΔt bo'lsin. U vaqtda energiya o'tayotgan parallelepiped hajmi (200-rasm).

ΔV=ΔS u Δt cosα,

α—ΔS yuzaga o'tkazilgan normalh bilan tezlik orasidagi burchak. Olib o'tilayotgan energiya:

$$\Delta W = \omega \Delta V = \omega \Delta S\, u\, \Delta t \cos\alpha \qquad (9.28)$$

(9.27 a) ni o'rniga qo'ysak, bu ifoda quyidagi ko'rinishga keladi

$$\Delta W = \frac{1}{u} EH\ \Delta S\ u\ \Delta t \cos\alpha = EH\ \Delta S\ \Delta t \cos\alpha \qquad (9.28a)$$

Bu Δt vaqtda o'tayotgan energiyadir. Vaqt birligidagi energiyani hisoblasak,

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\Delta W}{\Delta t} = EH\ \Delta S \cos\alpha. \qquad (9.29)$$

YUza birligidan unga tik ravishda vaqt birligida o'tuvchi energiyaga elektromagnit to'lqin energiyasining oqimi zichligi deyiladi:

$$\vec{p} = [\,\vec{E}\vec{H}\,] = \omega\vec{u}. \qquad (9.30)$$

Bu uchala kattalik, elektr maydon kuchlanganlik vektori, magnit maydon kuchlanganlik vektori va energiya oqimi o'zaro perpendikulyar joylashgandir. CHunki energiya oqimi tezlik yo'nalishida yo'nalgan bo'ladi. (9.30) Umov-Poynting vektori deyiladi.

(9.30) e'tiborga olsak, (9.29) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = p_n \Delta S. \qquad (9.29a)$$

r_n—energiya oqimi zichligining normalh bo'yicha tashkil etuvchisi.

Tarqalayotgan elektromagnit to'lqinning intensivligini aniqlash uchun yassi elektromagnit to'lqinni tashkil etuvchi elektr maydon kuchlanganligi va magnit maydon kuchlanganliklarining oniy qiymatlari.

$$E = E_0\ sin\ \omega\left(t - \frac{н}{u}\right)\ ва\ \ H = H_0\ sin\ \omega\left(t - \frac{н}{u}\right)$$

dan foydalanamiz. U vaqtda Umov-Poynting vektori modulining oniy qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$p = E_0 H_0\ sin^2\ \omega\left(t - \frac{н}{u}\right). \qquad (9.31)$$

Amalda energiyaning oniy qiymati emas, balki bir davrdagi o'rtacha qiymatidan foydalaniladi. Bir davrda $sin^2\ \omega\left(t - \frac{н}{u}\right) = \frac{1}{2}$ va (9.25) ni hisobga olsak, vakuum uchun energiya oqimining zichligining o'rtacha qiymati elektromagnit to'lqinning intensivligini ifodalab, (9.31) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$I =< P >= \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}}E_0^2 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}}H_0^2. \qquad (9.32)$$

Demak, elektromagnit to'lqinning intensivligi ixtiyoriy nuqtada olingan elektromagnit to'lqinni ixtiyoriy tashkil etuvchilarining (E_0,N_0) kvadratiga to'g'ri proporsional bo'lar ekan.

Bu fikrlarni doimiy tok orqali olib o'tiladigan energiyalarga ham tatbiq etishimiz mumkin. Ma'lumki, Om qonunining differensial ifodasi E=jρ, bunda ρ— solishtirma qarshilik, j - tok zichligi. Radiusi R bo'lgan silindr sirtida vintning o'ng qonuni bo'yicha yo'nalgan magnit maydon kuchlanganligi $H = \frac{I}{2\pi R}$. U vaqtda Umov-Poynting vektori radius bo'yicha silindr ichiga qarab yo'nalgan bo'ladi va yuqoridagilarni hisobga olsak, quyidagicha ifodalanadi:

$$P = EH = j\rho\frac{I}{2\pi R} = \frac{1}{2}\rho R j^2, \text{ бунда } j = \frac{I}{\pi R^2}.$$

Vaqt birligida uzunligi l bo'lgan silindr yon sirtlaridan kirayotgan energiya $W=pS=p2\pi Rl=\rho j^2\pi R^2 l=QV$, bundagi $Q=\rho j^2$ — xajm birligidan ajralayotgan Joul-Lens issiqligidir. Demak, o'tkazgichning yon sirti orqali elektromagnit energiya kirar ekan.

Elektromagnit to'lqinlarning bosimi. Maksvell tenglamalaridan foydalanib, biror yassi sirtga tik tushayotgan elektromagnit to'lqinlarning bosimini hisoblash mumkin. Jism sirtida V to'lqinning magnit maydoni, $\vec{E}$ elektr maydoni va $\vec{i}$ tok zichligi bo'lsin deylik. U xolda jismning hajm birligiga ta'sir qilayotgan $\vec{f}$ kuch quyidagiga teng

$$f = iB = i\mu\mu_0 H$$

bo'lganligidan sirtga bo'layotgan bosim ma'lumki

$$P = \int_0^\infty \bar{f}dx$$

ga teng bo'ladi.

Bu erda $\bar{f}$ f ning biror vaqt oralig'ida olingan o'rtacha qiymatidir. Xususiy xolda yassi to'lqinlar uchun Maksvell tenglamalari

$$\frac{\partial D}{\partial t} + i = -\frac{\partial H}{\partial x}, \quad \frac{\partial B}{\partial t} = -\frac{\partial E}{\partial t}$$

ko'rinishga keladi.

Tenglamalarning birinchisini $\mu\mu_0 H$ ga, ikkinchisini $\varepsilon\varepsilon_0 E$ ga ko'paytirib va ularni qo'shib, quyidagi munosabatlarni hosil qilamiz:

$$\frac{\partial}{\partial t}(DB) + f = -\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{1}{2}\varepsilon\varepsilon_0 E^2 + \frac{1}{2}\mu\mu_0 H^2\right),$$

bu yerda tenglikning o'ng tomonidagi katta qavs ichidagi ifodalar elektromagnit to'lqinning ko'rilayotgan nuqtadagi energiya zichligi ω ni bildiradi.

Hosil qilingan ifodalarni vaqt bo'yicha o'rtachalaymiz. D va B lar vaqt va koordinataga bog'liq sinusoida ko'rinishida (yoki kosinusoida)gi davriy funksiyalardir. SHu sababli $DB \sim \sin^2(\omega t - kx)$, $\frac{\partial}{\partial t}(DB)$ esa $\sim \sin(\omega t - kx)\cos(\omega t - kx)$

ko'paytmaga proporsional bo'lib, bir davr davomida to'rt marta ishorasini o'zgartiradi. U holda $\overline{\frac{\partial}{\partial t}(DB)} = 0$ bo'lib f

$$\bar{f} = -\frac{d}{dt}(\varpi)$$

ga teng bo'ladi. Bu ifodani $P = \int_0^\infty \bar{f} dx$ ga qo'yib integrallasak

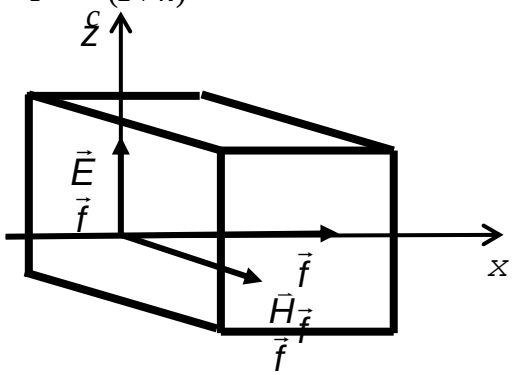
$$P = -\int_0^\infty \frac{d\omega}{dx} dx = \varpi(0) - \varpi(\infty),$$

bu erda $\varpi(0)$ elektromagnit to'lqinning jism sirtida to'liq energiya zichligidir, $\varpi(\infty)$ esa nolga teng bo'ladi.

Agar jism sirti to'lqinni qisman qaytarayotgan bo'lsa, bosim $P = (1+k)\varpi(0)$ (qaytarish koeffisenti) ga teng bo'ladi. Hamma to'lqinni sirt qaytarsa (k=1) $P = 2\varpi(0)$.

Elektromagnit to'lqin bosimini intensivlik I orqali ham ifodalash mumkin:

$$P = \frac{I}{c}(1+k)$$



Nihoyat, agar elektromagnit to'lqin jism sirtiga normalga nisbatan α burchak ostida tushayotgan bo'lsa, bosim:

$$P = \frac{I\cos\alpha}{c}(1+k),$$

bu yerda c - yorug'lik tezligi.

Mutloq qaytaruvchi jismlar uchun Quyosh nurlari sirtga normal tushib, uning intensivligi $10^3 \frac{Bm}{м^2}$ ga teng. Quyosh nurlarining sirtga bosimi

$$P = \frac{2I}{c} = 10^{-5}\frac{H}{м^2}.$$

Dipolning elektromagnit maydoni. Dipolning nurlanishi. Dipol momentlarining yo'nalishi elektromagnit maydon tarqalayotgan sferik sirtning o'qi uchun qabul qilinsa, sfera ustiga o'tkazilgan barcha parallellar va meridianlarga $\vec{H}$ va $\vec{E}$ vektorlar urinma bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Magnit maydon va elektr maydon kuchlanganliklari dipolh o'qining davomidagi ixtiyoriy nuqtalarda nolga teng, ekvator tekisligida esa kattadir. Dipol nurlanishi va energiya oqimining sochilishi ham shu tariqa ro'y beradi. Lekin dipol nurlanishi uchun zaryad biror aniq tezlanish bilan harakat qilishi zarur:

$$q\frac{d\upsilon}{dt} = q\frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{p}.$$

Vakuumda elektr va magnit maydonlar son qiymati jihatidan o'zaro teng bo'lib, koordinata boshidan hisoblangan masofaga teskari proporsionaldir:

$$E = B = \frac{\ddot{p}}{c^2 r}\sin\theta$$

Yuqoridagi ifodada $\ddot{p}$ dipol tebranishlari A nuqtaga $t' = t - \frac{r}{c}$ vaqtdan keyin kech etib kelishini bildiradi.

$d\Omega$ fazoviy burchak ostida ko'riladigan elementar magnit to'lqinlarining energiyasini hisoblaylik. $\vec{H}$ va $\vec{E}$ larning o'zaro tikligidan $S = \frac{c}{4\pi}EH = \frac{\ddot{p}^2}{4\pi c^3}\cdot\frac{1}{r^2}\sin^2\theta$. $d\sigma$ sirtdan nurlanayotgan energiya:

$$dW = Sd\sigma = \frac{\ddot{p}^2}{4\pi c^3}\sin^2\theta\, d\Omega$$

ga teng. 202-rasmdan $d\Omega = \sin\theta\, d\theta\, d\alpha$ teng bo'lib, $dW = \frac{\ddot{p}^2}{4\pi c^3}\sin^3\theta d\theta\, d\alpha$ ga tengdir.

Elektromagnit maydon energiyasi SI sistema birliklarida (vakuum uchun)

$$W = \frac{1}{12\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{p_0^2\omega^4}{c^3}.$$

$d\theta$ nuqtada θ ni nolh bilan π va α ni noldan 2π oraliqda integrallasak $W = \frac{2}{3c^3}\ddot{p}^2$. Dipol momenti garmonik qonunga ko'ra o'zgarsa, ya'ni $p = p_0\sin\omega\left(t - \frac{r}{c}\right)$ bo'lsa, u holda

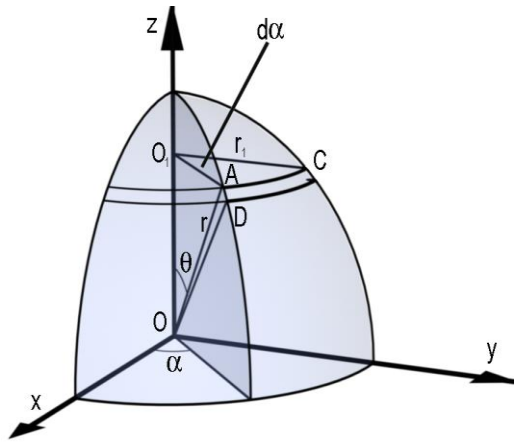
$$\dot{p} = p_0\omega\cos\omega\left(t - \frac{r}{c}\right)$$

$$\ddot{p} = -p_0\omega^2\sin\omega\left(t - \frac{r}{c}\right)$$

ga teng bo'lib, W ni vaqt bo'yicha o'rtachalab $\sin^2\omega\left(t - \frac{r}{c}\right)$ ning o'rtachasi $\frac{1}{2}$ ga tengligini nazarda tutsak, dipolning hamma yo'nalishlar bo'yicha olingan o'rtacha to'liq energiyasini hosil qilamiz:

$$\overline{W} = \frac{p_0^2\omega^4}{3c^3}$$

Elektromagnit maydon materiyaning bir ko'rinishidir. Demak, dipol (Gers dipoli) atrofga uzluksiz ravishda hamma yo'nalishda materiyani elektromagnit ko'rinishda sochib turadi. Bu maydon o'zi bilan barcha nurlanayotgan maydon energiyasi va harakat miqdorini olib o'tadi.



Sferaning radiusi $r = c(t - t')$ qonun bo'yicha ortadi. SHunday qilib, fazasi o'zgarmas sirtlar konsentrik sferalardan iborat bo'lib, radiasiya maydoni (magnit maydoni $H \sim \frac{1}{r}$ ga proporsional bo'lgan maydon) hamma tomonga s tezlik bilan sferik to'lqinlar

tarqatadi. $E = \frac{\ddot{p}^2}{c^3 r}$ ifoda zaryadlarning yorug'lik tezligidan ancha kichik υ<<c (korrelyativistik) hol uchun o'rinlidir.

Nazorat savollari.

1. To'lqin energiyasi.
2. Poynting vektori.
3. Elektromagnit to'lqinlarni hosil qilish. Gerts tajribalari.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kalashnikov S.G Oliy O'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey visshix uchebnix zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Oliy O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Kashin. N.V. Kurs fiziki. t.II. Elektrichestvo i magnetism, kolebaniya i volni. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov. Visshaya shkola. M-1963 644 str
5. Savel'ev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
6. N. Sultanov "Fizika kursi", "Fan va texnologiya", nashriyoti, 2007.
7. O. Qodirov, A. Boydedayev "Fizika kursi", "O'zbekiston milliy kutubxonasi", nashriyoti, 2005.
8. B.F. Izbosarov, I.R. Komolov "Elektromagnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2006.
9. S. Bozorova, N. Komolov "Fizika", "Aloqachi" , nashriyoti, 2007.
10. J. Komolov, I Ismoilov va bosh. "Elektr va magnetizim", "Iqtisod-moliya", nashriyoti, 2007.

AMALIY MASHG’ULOT

A M A L I Y

MASHG’ULOTLAR

1-2-mavzu. Zaryadlarning o'zaro ta'sir qonuni. Elektr maydon kuchlanganligi va superpozitsiya printsipiga oid masalalar yechish.

9.1. водород атомининг ядроси билан электрони орасидаги тортишиш кучи топилсин. Водород атомининг радиуси $0{,}5\cdot10^{-8}$ *см*, ядро заряди электрон зарядига миқдор жиҳатидан тенг ва қарама- қарши ишоралидир.

9.2. Ҳавода бир- биридан *20 см* узоқликда турган иккита нуқтавий заряд бирор куч билан ўзаро таъсир қилади. Ёғда бу зарядлар шундай куч билан ўзаро таъсир қилиши учун, уларни қандай узоқликда жойлаштириш керак?

9.3. Иккита нуқтавий заряд ўзаро таъсир кучининг улар орасидаги масофага боғланиш графиги чизилсин.

График *2 ≤ r ≥ 10 см* интервалда *2 см* оралиқ билан чизилсин. Зарядлар миқдори мос равишда $2\cdot10^{-8}$ *кл* ва $3\cdot10^{-8}$ *кл* .

9.4. Иккита протоннинг ньютон тортишиш кучи уларнинг кулон итаришиш кучидан неча марта кичик? Протоннинг заряди сон жиҳатдан электрон зарядига тенг.

9.5. Натрий атомини бомбардимон қилаётган протон унинг ядросига $6\cdot10^{-12}$ *см* гача яқин келди деб ҳисоблаб, протон билан натрий ядросининг электростатик итаришиш кучи топилсин. Натрий ядросининг заряди протон зарядидан *11* марта кўп. Натрий атоми электрон қобиғининг таъсири ҳисобга олинмасин.

9.6. Ҳар бирининг оғирлиги *0,2 кГ* бўлган иккита зарядланган металл шарча бир- биридан бирор ораликда турибди. Агар шу ораликда уларнинг электростатик энергияси ўзаро гравитатцион таъсир энергиясидан миллион марта катталиги маълум бўлса, шарчаларнинг заряди топилсин.

9.7. Заряди q ва массаси m бўлган иккита заррачанинг электростатик энергияси ўзаро гравитатцион таъсир энергиясидан неча марта катта? Масалани: 1) электронлар учун, 2) протонлар учун ечилсин.

9.8. Иккита нуқтавий заряд потенциал электростатик энергиясининг улар оралиғига боғланиш графиги *2 ≤ r ≥ 10 см* интервалда ҳар *2 см* ораликда қилиб чизилсин. Зарядлар $q_1 = 10^{-9}$ *к ва* $q_2 = 3\cdot10^{-9}$ *к*; $\varepsilon = 1$. График икки ҳол учун чизилсин: 1) зарядлар бир хил ишорали, 2) зарядлар турли хил ишорали.

9.9. Иккита $q_1 = 8\cdot10^{-9}$ *к ва* $q_2 = -6\cdot10^{-9}$ *к* нуқтавий заряд ўртасида ётган нуқтадаги электр майдон кучланганлиги топилсин. Зарядлар оралиғи $r = 10$ *см*; $\varepsilon = 1$.

9.10. Ҳар бир учида 7 $СГС_q$ заряд турган квадратнинг марказига манфий заряд жойлаштирилган. Агар ҳар зарядга таъсир этувчи натижавий куч нолга тенг бўлса, марказдаги заряднинг миқдори қанча?

9.11. Мунтазам олтибурчакнинг учларига учта мусбат ва учта манфий заряд жойлаштирилган. Ҳар бир заряднинг миқдори $q = 4{,}5 СГС_q$ Олтибурчакнинг томони *3 см*. Бу зарядларни турли комбинацияларда жойлаштириб, олтибурчак марказидаги электр майдони кучланганлиги топилсин.

9.12. Олдинги масаоа шартида олтибурчак учларига жойлаштирилган зарядларнинг ҳаммаси мусбат бўлган ҳол учун ечилсин.

9.13. $q_1 = 22{,}5\ СГС_q$ *ва* $q_2 = -44{,}0 СГС_q$ бўлган иккита нуқтавий заряднинг оралиғи *5 см*. Мусбат заряддан *3 см* ва манфий заряддан *4 см* узоқликда жойлашган нуқтадаги майдонинг кучланганлиги топилсин.

9.14. Радиуси ва оғирлиги бир хил бўлган иккита шарча ипларга осилган бўлиб, уларнинг сиртлари бир-бирига тегиб туради. Шарчаларга $q_0 = 4 \cdot 10^{-7}$ к заряд берилгандан кейин шарчалар ўзаро итаришиб, бир- биридан 60^0 бурчакка узоқлашади. Осилиш нуқтасидан то шарчанинг марказигача бўлган оралиқ *20 см*. Шарчанинг оғирлиги топилсин.

9.15. Радиуси ва оғирлиги бир хил бўлган иккита шарча ипларга осилган бўлиб, уларнинг сиртлари бир-бирига тегиб туради. Осилиш нуқтасидан шарчанинг марказигача бўлган оралиқ *10 см*. Ҳар бир шарчанинг оғирлиги $5 \cdot 10^{-13}$ *кГ*. Ипларнинг таранглиги *0,098 н* га тенг бўлиши учун шарчаларга қанча заряд бериш керак?

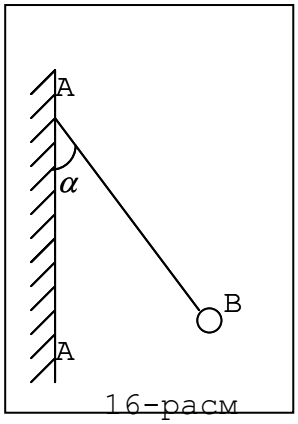
9.16. 9.14- масаладаги шарчалар керосинга туширилганда иплар бир-биридан 54^0 га узоқлашади деб ҳисоблаб, шарчалар материалининг зичлиги топилсин.

9.17. Радиуси ва оғирлиги бир хил бўлган зарядланган иккита шарча бир хил узунликдаги ипларга осиб, зичлиги ρ_1 ва диэлектрик сингдирувчанлиги ε бўлган суюқ диэлектрикка туширилади. Ҳавода ва диэлектрикда ипларнинг бир- биридан узоқлашиш бурчаги бир хил бўлиши учун шарчалар материалининг зичлиги қанча бўлиши керак?

9.18. 16- расмда *АА*- зарядланган чексиз текислик бўлиб, зарядининг сирт зичлиги $4 \cdot 10^{-9}$ *к/см*^{2} ва *В*- массаси *1 г* ва заряди $3СГС_q$ бўлган (бу заряд билан текислик зарядининг ишораси бир хил) зарядланган шарча. Шарча осилган ип *АА* текислик билан қандай бурчак ташкил қилади?

9.19. 16- расмдаги *АА*- зарядланган чексиз текислик ва *В*- текислик заряди билан бир хил ишорада бўлган $P = 4 \cdot 10^{-5}$ *кГ* оғирликдаги ва $q = 6{,}67 \cdot 10^{-10}$ *к* зарядли шарча.

Шарча осилган ипнинг таранглиги $F = 4{,}9 \cdot 10^{-4}$ *н*. АА текисликдаги заряднинг сирт зичлиги топилсин.



16-расм

9.20. Қуйидаги ҳолларда *2 СГС*$_q$ зарядга таъсир этувчи куч топилсин. Бу заряд : 1) заряднинг чизиқли зичлиги $2 \cdot 10^{-9}$ *кл/см* бўлган ипдан *2 см* узоқликда жойлашган, 2) Заряднинг сирт зичлиги $2 \cdot 10^{-9}$ *кл/см*^{2} бўлган текисли майдонида жойлашган, 3) заряднинг сирт зичлиги $2 \cdot 10^{-9}$ *кл/см*^{2} бўлган *2 см* радиусли шарнинг сиртидан *2 см* узоқликда жойлашган. Бу уч ҳолнинг ҳаммасида муҳитнинг диэлектрик киритувчанлиги *6* га тенг.

9.21. 1) *100 СГС*$_q$ нуқтавий заряд, 2) заряднинг чизиқли зичлиги $1{,}67 \cdot 10^{-8}$ *к/см* бўлган чексиз узун ип ва 3) зарядининг сирт зичлиги $2{,}5 \cdot 10^{-9}$ *к/см*^{2} бўлган чексиз текислик ҳосил қилган электр майдонлари кучланганлигининг масофага боғланиш эгри чизиғини битта графикда чизилсин. Чизиқлар $1 \le r \ge 5$ *см* интервалда, *1 см* ораликда чизилсин.

9.22. бир валентли иондан $2 \cdot 10^{-8}$ *см* масофадаги электр майдонининг кучланганлиги аниқлансин. Ионнинг заряди нуқтавий деб ҳисоблансин.

9.23. Зарядланган чексиз текисликнинг электр майдони шу майдонга киритилган зарядланган чексиз узун ипнинг ҳар метрига қандай куч билан таъсир қилади? Ипдаги заряднинг чизиқли зичлиги $3 \cdot 10^{-8}$ *к/см* ва текисликдаги заряднинг сирт зичлиги $2 \cdot 10^{-9}$ *к/см*^{2}.

9.24. $3 \cdot 10^{-8}$ *к/см* чизиқли зичликда, бир хил ишорада зарядланган ва бир-биридан *2 см* узоқликда бўлган иккита чексиз узун иплар (узунлик бирлигида) қандай куч билан итаришади? Бу ипларни бир-бирига *1 см* гача яқинлаштириш учун (узунлик бирлигида) қандай иш бажариш керак?

9.25. Бир хил ишорада зарядланган иккита ип бир-биридан $a = 10$ *см* узоқликда жойлаштирилган. Иплардаги заряднинг чизиқли зичлиги τ_1 *ва* $\tau_2 = 10^{-7}$ *к/см.* Ҳар қайси ипдан *10 см* узоқликда бўлган нуқтадаги натижавий электр майдони кучланганлигининг миқдори ва йўналиши топилсин.

9.26. Бир хил ишорада зарядланган ва бир хил $3 \cdot 10^{-8}$ *к/см*^{2} чизиқли зичликка эга бўлган иккита чексиз текислик

(юз бирлигида) қандай куч билан итаришади?

9.27. Диаметри *1 см* бўлган мис шар ёғ ичига жойлаштирилган. Ёғнинг зичлиги $\rho = 800\frac{кг}{м^3}$. Агар бир жинисли электр майдонида шар ёғ ичида муаллақ бўлса, шарнинг заряди қанча бўлади?

Электр майдони вертикал юқорига йўналган бўлиб, унинг кучланганлиги $E = 36000 в/см$.

9.28. Горизонтал ҳолатдаги ясси конденсатор пластинкалари орасида зарядланган симоб томчиси мувозанат ҳолатида турибди. Электр майдонининг кучланганлиги $E = 600 в/см$. Томчи заряди $2,4 \cdot 10^{-9}$ $СГС_q$ га тенг. Томчининг радиуси топилсин.

9.29. Чекли узунликдаги зарядланган ипнинг ҳосил қилган электр майдони охирги ҳолда 1) чексиз узайтирилган ип электр майдонига, 2) нуқтавий заряд электр майдонига айланиши кўрсатилсин.

9.30. Зарядланган ипнинг узунлиги *25 см* га тенг. Ипдан қандай энг қисқа ораликда (ипнинг ўртасига туширилган перпендикулярда ётган нуқта учун) электр майдонини чексиз зарядланган ип майдони деб қараш мумкин? Бундай фараз қилишда хатолик *5%* дан ортмаслиги керак?

Кўрсатма. Қилинган хато $\delta = \frac{E_2 - E_1}{E_2}$, бунда E_2 – чексиз узун ипнинг майдон кучланганлиги ва E_1 – чекли узунликдаги ипнинг майдон кучланганлиги.

9.31.Зарядланган чексиз узун ипдан *5 см* узоқликда жойлашган *А* нуқтадаги майдон кучланганлиги *1500 в/см* га тенг. 1) Агар *А* нуқта ип ўртасига туширилган перпендикулярда ётса, ипнинг қандай чекли узунлигида кучланганликнинг топилган қиймати *2%* гача аниқликда тўғри бўлади? 2) Ипнинг узунлиги *20 см* бўлса, А нуқтадаги электр майдон кучланганлиги қанча бўлади? ипдаги зарядннинг чизиқли зичлиги чексиз узун ипдаги зарядннинг чизиқли зичлигига тенг деб ҳисоблансин. 3) Ипдаги зарядннинг чизиқли зичлиги топилсин.

9.32. Симдан қилинган $R = 10$ *см* радиусли ҳалванинг заряди $q = 5 \cdot 10^{-9}$ *к*. 1) Ҳалқа ўқида ва унинг марказидан $L = 0,\ 5,\ 10,$ *ва* 15 *см* узоқликда турган нуқталардаги электр майдонининг кучланганлиги топилсин. $E = f(L)$ графиги чизилсин. 2) Халқа марказидан қандай d узоқликда электр майдони кучланганлиги максимал бўлади?

9.33. Зарядланган ҳалқа ўқидаги электр майдони

кучланганлиги ҳалқа марказидан $L = L_{\max}$ узоқликда бўлганда максимал қийматга эга бўлади. Ҳалқа марказидан $L = 0{,}5L_{\max}$ узоқликда жойлашган нуқтадаги электр майдон кучланганлиги макисимал кучланганликдан неча марта кичик бўлади?

9.34. Зарядланган дискнинг ҳосил қилган электр майдони охирги холда 1) чексиз катта текислик электр майдонига айланиши кўрсатилсин.

9.35. Зарядланган дискнинг диаметри *25 см* га тенг. Дискдан унинг марказидан нормал бўйлаб қандай энг қисқа ораликда электр майдони чексиз катта текислик майдони деб қараш мумкин? Бундай фараз қилишда хатолик *5%* дан ортмаслиги керак.

Кўрсатма. Қилинган хато $\delta = \frac{E_2 - E_1}{E_2}$, бунда E_1- дискнинг электр майдон кучланганлиги ва E_2- чексиз текисликнинг майдон кучланганлиги.

9.36. Зарядланган дискдан (унинг марказидан нормал бўйича) $a = 5$ *см* узоқликда жойлашган *А* нуқтадаги электр майдон кучланганлигини топиш талаб қилинади. 1) *А* нуқтадаги электр майдони чексиз катта текислик электр майдонига нисбатан *2%* дан ортмаслиги учун дискнинг радиуси қандай чекли қийматга эга бўлиши мумкин? 2) Дискнинг R радиуси a масофадан *10* марта катта бўлса, *А* нуқтадаги майдон кучланганлиги қандай бўлади? 3) Бу нуқтадаги топилган кучланганлик чексиз катта текислик майдон кучланганлигидан неча марта кичик бўлади?

9.37. Турли хил ишорада зарядланган, зарядининг сирт зичлиги бир хил бўлган иккита паралел диск бир-биридан $h = 1$ *см* ораликда жойлаштирилган. 1) Дисклар марказлари орасидаги майдон ясси конденсатор майдонига нисбатан *5%* дан ортмаслиги учун дискларнинг радиуси қандай чекли қийматига эга бўлиши мумкин? 2) $\frac{R}{h} = 10$ бўлганда бу нуқталар орасидаги майдонни ясси конденсатор майдонига тенг деб олсак, қанча хато қилиган бўламиз?

9.38. *40 мг* массали, 10^{-9} *к* мусбат зарядли шарча *10 см/сек* тезлик билан ҳаракатланади. Бу шарча *4* $СГС_q$ га тенг бўлган мусбат нуқтавий зарядга қанча масофагача яқинлашиши мумкин?

9.39. 10^8 *см/сек* нисбий тезлик билан қарама- қарши ҳаракатланаётган иккита электрон бир-бирига қанча

масофагача яқинлашиши мумкин?

3-4-mavzu. Zaryadlar sistema sining elektr maydoni. Ostrogradskiy-Gauss teoremasiga oid masalalar yechish.

9.41. Қўзғалмас натрий ядросини α- заррача ёрдамида парчалашда, улар орасидаги итаришиш кучи *14 кГ* га етди. 1) α- заррачаси натрий атоми ядросига қандай масофагача яқинлашади? 2) α- заррачанинг тезлиги қанча бўлган? Натрий атоми электр қобиғининг таъсири ҳисобга олинмасин.

9.42. Зарядлари $q_1 = 20\,СГС_q$ ва $q_2 = 40\,СГС_q$ бўлган иккита шарча бир-биридан $r_1 = 40$ *см* узоқликда турибди. Уларни бир-бирига $r_2 = 25$ *см* гача яқинлаштириш учун қанча иш бажариш керак?

9.43. *1 см* радиусли, $4 \cdot 10^{-8}$ *к* зарядли шар ёғ ичига жойлаштирилган. Шар сиртидан *x=1, 2, 3, 4,* ва *5 см* узоқликдаги майдон нуқталаридаги $U = f(x)$ боғланиш графиги чизилсин.

9.44. *1 см* радиусли зарядланган шар марказидан *10 см* узоқликдаги майдон нуқтасининг потенциали топилсин. Масалани қуйидаги ҳоллар учун ечилсин. 1) шар зарядининг сирт зичлиги 10^{-11} *к/см*^{2} , 2) шарнинг потенциали *300* вольтга тенг.

9.45. Чексизликдаги $2 \cdot 10^{-8}$ *к* га тенг нуқтавий зарядни зарядининг сирт зичлиги $\sigma = 10^{-9}$ *к/см*^{2} бўлган, *1 см* радиусли шар сиртидан *1 см* узоқликдаги нуқтага келтиришда қандай иш бажарилади?

9.46. Массаси *1 г* ва заряди 10^{-8} *к* бўлган шарча потенциали *600* вольтга тенг бўлган *A* нуқтадан потенциали нолга тенг бўлган нуқтага кўчирилди. Агар шарча *B* нуқтада *20 см/сек* тезликка эришган бўлса, унинг *A* нуқтадаги тезлиги қандай бўлган?

9.47. U потенциаллар айирмаси *1, 5, 10, 100, 1000 в* га тенг бўлган ораликдан ўтаётганда электронинг оладиган тезлиги ϑ топилсин.

9.48. Радиактив емирилишда полоний атомининг ядросидан α- заррача $1{,}6 \cdot 10^9$ см/сек тезлик билан учиб чиқади. α- заррачани худди шундай тезликда ҳайдаб чиқаришдаги майдон потенциалларининг айирмаси топилсин.

9.49. Зарядланган чексиз узун ипдан $r_1 = 4$ *см* ораликда $q = 2\,СГС_q$ нуқтавий заряд турибди. Майдон таъсирида заряд $r_2 = 2$ *см* ораликка силжийди, бунда *A = 50 эрг* иш бажарилади. Ипдаги зарядининг чизиқли зичлиги топилсин.

9.50. Мусбат зарядланган чексиз узун ип электр майдони ҳосил қилган. Шу майдон таъсирида α– заррача ипдан $x_1 = 1$ *см* узоқликдаги нуқтадан $x_2 = 4$ *см* узоқликдаги нуқтага қараб ҳаракатланиб ўз тезлигини $2 \cdot 10^5$ *м/сек* дан $3 \cdot 10^6$ *м/сек* га ўзгартирди. Ипдаги заряднинг чизиқли зичлиги топилсин.

9.51. Зарядининг чизиқли зичлиги $2 \cdot 10^{-9}$ *к/см* бўлган мусбат зарядланган чексиз узун ип электр майдони ҳосил қилган. Майдоннинг таъсирида электрон ипга *1 см* наридан *0,5 см* гача яқинлашганда қандай тезликка эришади?

9.52. Зарядланган чексиз текислик яқинида $q = 2\,СГС_q$ нуқтавий заряд турибди. Майдоннинг таъсири натижасида заряд куч чизиқлари бўйлаб *2 см* силжийди ва бунда *А=50 эрг* иш бажарилади. Текисликдаги заряднинг сирт зичлиги топилсин.

9.53. Ясси конденсатор пластинкалари орасидаги потенциаллар айирмаси *90 в*. Ҳар бир пластинканинг юзи *60* $см^2$ ва заряди 10^{-9} *к*.

Пластинкалар бир-биридан қанча масофада туриши топилсин.

9.54. Ясси конденсатордан сезгир микротарози сифатида фойдаланиш мумкин. Пластинкаларнинг оралиғи $d = 3{,}84$ *мм* бўлган горизонтал ўрнатилган ясси конденсатор пластинкалари орасида $q = 1{,}44\,СГС_q$ зарядли заррача турибди. Заррачанинг муаллақ туриб қолиши учун конденсатор пластинкалари потенциалларининг айирмаси $U = 40$ *в* бўлиши керак. Заррачанинг массаси топилсин.

9.55. Пластинкаларнинг оралиғи $d = 1$ *см* бўлган горизонтал ўрнатилган ясси конденсатор пластинкалари орасида $m = 5 \cdot 10^{-11}$ *г* массали зарядланган томчи турибди. Электр майдони бўлмаганда томчи ҳавонинг қаршилигини енгиб, бирор ўзгармас тезлик билан тушади. Агар конденсатор пластинкалари орасида $U = 600\,В$ потенциаллар айирмаси ҳосил қилинса, томчи икки марта секин тушади. Томчининг заряди топилсин.

9.56. Иккита вертикал пластинкалар орасида, улардан бир хил узоқликда тушаётган чанг заррачасининг тезлиги ҳавонинг қаршилиги туфайли ўзгармас бўлиб, $\vartheta = 2$ *см/сек* га тенг. Пластинкаларга $U = 3000$ вольт потенциаллар айирмаси берилгандан қанча вақт ўтгач, чанг пластинкалардан бирига тушади? Чанг заррачаси пластинкага теккунча вертикал бўйлаб қандай l масофани ўтади? Пластинкалар оралиғи $d = 2$ *см*, чангнинг массаси $m = 2 \cdot 10^{-9}$ *г* ва унинг

заряди $q = 6{,}5 \cdot 10^{-17}$ *к*.

9.57. Олдинги масалани ишқаланиш бўлмаган ҳол (вакуум конденсатор) учун ечилсин.

9.58. Пластинкаларнинг оралиғи $d = 1$ *см* бўлган горизонтал ҳолда турган ясси конденсатор ичида зарядланган ёғ томчиси бор. Электр майдони бўлмаганда томчи $\vartheta_1 = 0{,}011$ *см/сек* тезлик билан пастга тушади. Пластинкаларга $U = 150$ *В* потенциаллар айирмаси берилса, томчи $\vartheta_2 = 0{,}043$ *см/сек* тезлик билан тушади. Томчининг радиуси ва унинг заряди топилсин. Ҳавонинг ёпишқоқлик коэффиценти $\eta = 1{,}82 \cdot 10^{-5}$ *н·сек/м*^{2}; ёғнинг зичлиги томчи тушаётган газ зичлигидан $\Delta\rho = 900$ *кг/м*^{3} га каттадир.

9.59. Бир-биридан *1 см* узоқликда турган иккита вертикал пластинка орасида *0,1 г* массали маржон шарчаси ипга осилиб турибди. Пластинкаларга *1000 В* потенциаллар айирмаси берилгандан кейин шарчали ип 10^0 бурчакка бурилди. Шарчанинг заряди топилсин.

9.60. $2{,}22 \cdot 10^{-10}$ *к* зарядга эга бўлган совун пуфакчаси горизонтал ясси конденсаторнинг майдонида муаллақ турибди. Пуфакчанинг массаси *0,01 г* ва пластинкалар оралиғи *5 см*. Конденсатор пластинкалари орасидаги потенциаллар айирмаси топилсин.

9.61. Ясси конденсатор пластинкаларининг оралиғи *4 см*. Мусбат пластинкадан протон ва манфий пластинкадан электрон бир вақтда ҳаракатлана бошласа, улар мусбат пластинкадан қандай масофада тўқнашади?

9.62. Ясси конденсатор пластинкаларининг оралиғи *1 см* га тенг. Пластинкаларнинг биридан бир вақтда протон ва α - заррача ҳаракатлана бошлайди. Протон бир пластинкадан иккинчисигача бўлган йўлни босиб ўтган вақт оралиғида α - заррача қандай масофани босиб ўтади?

9.63. Электрон ясси конденсаторнинг бир пластинкасидан иккинчисигача бўлган оралиқни ўтганда 10^8 *см/сек* тезликка эришган. Пластинкаларнинг оралиғи *5,3 мм*. 1) Пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси, 2) конденсатор ичидаги электр майдон кучланганлиги, 3) пластинкалардаги зарядниг сирт зичлиги топилсин.

9.64. Бир – биридан *2 см* узоқликда турган, потенциаллари айирмаси *120 В* бўлган иккита паралел пластинкалар орасида электр майдони ҳосил бўлади. Электрон бу майдон таъсирида майдон куч чизиқлари бўйлаб *3 мм* масофани ўтганда қандай тезликка эришади?

9.65. Бир жинисли электр майдонида электрон 10^{14} *см/сек*^{2} тезланиш олади. 1) Электр майдон кучланганлиги,

2) Бошланғич тезлиги нолга тенг бўладиган электронинг 10^{-6} *сек* да олган тезлиги, 3) Бу вақт ичида электр майдон кучининг бажарган иши ҳамда 4) бунда электроннинг ўтган потенциаллар айирмаси топилсин.

9.66. Электрон ясси конденсаторнинг бир пластинкасидан иккинчисига учаяпти. Пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси *3 кВ*, пластинкалар оралиғи *5 мм*. 1) Электронга таъсир этувчи куч, 2) электроннинг тезланиши, 3) электроннинг иккинчи пластинкага учиб келиш тезлиги, 4) конденсатор пластинкаларидаги зарядларнинг сирт зичлиги топилсин.

9.67. Электрон ясси конденсатор пластинкалари орасига, уларга паралел равишда ва ҳар биридан бир ҳил узоқликда қандайдир тезлик билан учиб киради. Конденсатор пластинкалари потенциаллар айирмаси *300 В* га тенг. Пластинкалар оралиғи $d = 2\,см$; конденсаторнинг узунлиги $l = 10$ *см*. Электрон конденсатордан учиб чиқиб кетмаслиги учун максимал бошланғич тезлиги ϑ_0 қандай бўлиши керак? Бу масала $\alpha-$ заррача учун ҳам ечилсин.

9.68. Электрон горизонтал ҳолдаги ясси конденсатор пластинкалари орасига, уларга паралел равишда ва ҳар биридан бир хил узоқликда учиб киради. Пластинкалар оралиғи $d = 4\,см$, конденсатордаги электр майдонининг кучланганлиги $E = 1в/см$. 1) Электрон пластинкалар орасига учиб киргандан қанча вақт кейин у пластинкалардан бирига тушади? 2) Электрон *60 В* потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилса, у конденсатор бошидан қандай узоқликда пластинкага тушади?

9.69. Электрон горизонтал ҳолдаги ясси конденсатор пластинкалари орасига паралел равишда $9 \cdot 10^{-6}$ *м/ сек* тезлик билан учиб киради. Электроннинг конденсатор ичидаги ҳаракат бошидан 10^{-8} *сек* ўтгандан кейинги тўла, нормал ва тангенциал тезланишлари топилсин. Пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси *100 В*, пластинкалар оралиғи *1 см*.

9.70. Бир хил тезлик билан ҳаракатланаётган протон ва $\alpha-$ заррача ясси конденсатор пластинкалари орасига паралел равишда учиб киради. Конденсатор майдони таъсирида протоннинг четланиши $\alpha-$ заррача четланишидан қанча ортиқ бўлади?

9.71. Бирдай потенциаллар айирмасида тезлаштирилган протон ва $\alpha-$ заррача ясси конденсатор пластинкалари орасига учиб киради. Конденсатор майдони таъсирида протоннинг четланиши $\alpha-$ заррача четланишидан қанча

ортиқ бўлади?

9.72. Электрон ясси горизонтал конденсатор пластинкалари орасига уларга паралел равишда $\vartheta_x = 10^7$ м/сек тезлик билан учиб киради. Конденсатордаги майдон кучланганлиги $E = 100$ *В/см*, конденсатор узунлиги $l = 5$ *см*. Электрон конденсатор ичидан учиб чиқаётгандаги тезлигининг катталиги ва йўналиши топилсин.

9.73. $U = 300$ *В* потенциаллар айирмасида тезлаштирилган электронлар оқими зарядланмаган горизонтал ясси конденсаторнинг пластинкалари орасидан паралел равишда ўтаётганда, конденсатор четидан $l_1 = 12$ *см* узоқликда ўрнаштирилган флуоресценцияланувчи экранда доғ $y = 3$ *см* га силжийди. Конденсатор пластинкаларига берилган U_1 потенциаллар айирмаси топилсин. Конденсаторнинг узунлиги $l = 6$ *см* ва пластинкаларнинг оралиғи $d = 1,4$ *см*.

9.74. Электрон ясси горизонтал конденсатор пластинкалари орасида уларга параллел равишда $3,6 \cdot 10^4$ *км/сек* тезлик билан ҳаракатланаётир. Конденсатор ичидаги майдон кучланганлиги *37 в/см*. Конденсатор пластинкаларининг узунлиги *20 см*. Электрон конденсатор ичидаги ҳаракати вақтида у электр майдони таъсирида вертикал йўналишда қанчага силжийди?

9.75. Протон ясси горизонтал конденсатор пластинкалари орасига, уларга паралел равишда $1,2 \cdot 10^5$ *м/сек* тезлик билан учиб киради. Конденсатор ичидаги майдон кучланганлиги *30 в/см*; конденсатор пластинкаларининг узунлиги *10 см*. Конденсатор ичидан чиқаётган протоннинг тезлиги унинг бошланғич тезлигидан неча марта катта бўлади?

9.76. Бир- биридан *5 мм* узоқликда турган конденсатор орасига *150 В* потенциаллар айирмаси берилган. Пластинкалардан бирига қалинлиги *3 мм* бўлган чинни ясси паралел пластинка ёпишиб турибди. Ҳаводаги ва чиннидаги электр майдон кучланганлиги топилсин.

9.77. Ер шарининг сиғими топилсин. Ер шарининг радиусини *6400 км* деб олинсин. Ер шарига *1 к.* электр миқдори берилса, унинг потенциали қанчага ўзгаради?

9.78. *2 см* радиусли шарча *2000 В* потенциалгача манфий зарядланди. Зарядлашда шарчага берилган зарядни ташкил қилган ҳамма электронларнинг умумий массаси топилсин.

9.79. Ҳар бирининг заряди 10^{-10} *к.* бўлган *1 мм* радиусли сакиззта томчи қўшилиб, битта катта томчи ҳосил қилган. Катта томчининг потенциали топилсин.

9.80. Бир хил $R=1$ *см* радиусли ва бир хил $P=4\cdot10^{-5}$ *кГ* оғирликлари иккита шарча сиртлари бир-бирига тегадиган қилиб ипларга осиб қўйилган. Шарчалар зарядланганда иплар қандайдир бурчакка ажраб, ипларнинг қандайдир бурчакка ажраб, ипларнинг таранглик кучи $F=4,9\cdot10^{-4}$ *н* га тенг бўлиб қолди. Шарчаларни осиб қўйилган нуқтасидан ҳар бир шарча марказигача бўлган оралиқ *10 см* бўлганда зарядланган шарчаларнинг потенциали топилсин.

9.81. *792 В* потенциалгача зарядланган шарча зарядининг сирт зичлиги $3,33\cdot10^{-7}$ *к/м*^{2}. Шарчанинг радиуси топилсин.

9.82. 1) Нормал босимда ҳавода разряд электр майдонининг кучланганлиги $E_0=30$ *кВ/см* бўлганда содир бўлса, шар радиуси R билан унинг ҳавода зарядланиш мумкин бўлган максимал потенциали U орасидаги муносабат, 2) диаметри *1 м* бўлган шарнинг максимал потенциали топилсин.

9.83. Бир хил $R=1$ *см* радиусли ва $P=0,15$ *кГ* оғирликдаги иккита шарча бир хил $U=3$ *кВ* потенциалгача зарядланган бўлиб, улар бир-биридан r_1 оралиқда турибди. Шунда уларнинг тортишиш (гравитатцион) энергияси 10^{-11} *ж* га тенг. Шарчалар улар оралиғи r_2 га тенг бўлгунча яқинлаша боради. Шарчаларни яқинлашгандан кейинги уларнинг электростатик энергияси топилсин.

9.84. Ҳар бир пластинканинг юзи *1 м*^{2} бўлган ясси ҳаво оралиқли конденсатор пластинкаларининг оралиғи *1,5 мм*. Шу конденсаторнинг сиғими топилсин.

9.85. Олдинги масаладаги конденсатор *300 в* потенциалгача зарядланган. Конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлиги топилсин.

9.86. $2,5\cdot10^{-4}$ *мкф* сиғимли конденсатор ясаш учун *0,05 мм* қалинликдаги парафин шимдирилган қоғозниниг икки томонига станиол доирачалари ёпиштирилган. Бу доирачаларнинг диаметри топилсин.

9.87. Ҳаво орқали ясси конденсатор пластинкаларга *300 В* потенциаллар айирмаси берилган. Конденсаторни электр кучланиши манбаидан узиб қўйиб, пластинкалар орасига эбонит тўлдирилади. 1) Эбонит тўлдирилгандан кейин пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси қандай бўлади? 3) Эбонит тўлдирилгунча ва тўлдирилгандан кейин конденсаторнинг сиғими қандай бўлади? Эбонит тўлдирилгунча ва тўлдирилгандан кейин конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлиги қандай бўлади?

9.88. Олдинги масала электр кучланиши манбаини узмасдан конденсатор пластинкаларининг орасига изолятор тўлдирилгандаги ҳол учун ечилсин.

9.89. Бир-биридан $d_1 = 1$ *см* узоқликдаги ясси конденсатор пластинкалари орасига $U = 300$ *В* потенциаллар айирмаси берилган. Пластинкалар орасидаги бўшлиққа ҳар бирининг қалинлиги $d_1 = 0,5$ *см* бўлган шиша ва парафин ясси- паралел пластинкалари жойлаштирилган. 1) ҳар бир қатламдаги электр майдонининг кучланганлиги, 2) ҳар бир қатламда потенциалнинг тушиши,

5-mavzu. Potentsial va potentsiallar farqini hisoblashga va elektr maydonida bajarilgan ishga oid masalalar yechish.

9.91. Коаксиал электр кабели ингичка симлардан ва унга нисбатан концентрик равишда ўралган цилиндрик қобиқдан иборат бўлиб, уларнинг орасида изолятор бўлади. агар кабель ичидаги ингичка сим радиуси *1,3 см*, қобиқнинг радиуси *3,0 см* ва изоляторнинг диэлектрик киритувчанлиги *3,2* бўлса, кабель узунлик бирлигининг сиғими (*мкф/м* да) топилсин.

9.92. Коаксиал кабель ингичка симларининг радиуси *1,5 см*, қобиқнинг радиуси *3,5 см*. Ингичка симлар ва қобиқ орасига *2300 В* потенциаллар айирмаси берилган. Кабель ўқидан *2 см* узоқликдаги электр майдони кучланганлиги ҳисоблансин.

9.93. Ҳаво оралиқли цилиндрик конденсатор ички цилиндрининг радиуси $r = 1,5$ *см*, ташқи цилиндрининг радиуси $R = 3,5$ *см*. Цилиндрлар орасига $U = 2300$ *В* потенциаллар айирмаси берилган. Бу конденсатор майдонининг таъсирида ҳаракатланаётган электрон цилиндр ўқидан $l = 2,5$ *см* узоқликдан $l_2 = 2$ *см* узоқликкача ўтишда қандай тезликка эришади?

9.94. Цилиндрик конденсатор *3 мм* радиусли ички цилиндр, икки қатлам изолятор ва *R= 1 см* радиусли ташқи цилиндрдан иборат. $d_1 = 3$ *мм* қалинликдаги биринчи изолятор қатлами ички цилиндрга тегиб туради. Қатламлардаги потенциаллар тушишининг нисбати топилсин.

9.95. Фотография ҳодисаларини текширишда сферик конденсатор ишлатилади. Бу конденсатор *1,5 см* диаметрли металл шар – марказий катоддан ва *11 см* диаметрли ички сирти кумушланган сферик колба-аноддан иборат. Колбадан ҳаво сўриб олинади. Бу конденсаторнинг сиғими топилсин.

9.96. Қуйидаги ҳолларда *3 см* радиусли шарнинг

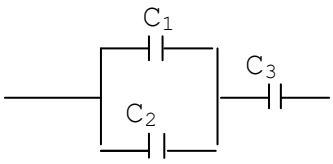
потенциали топилсин: 1) шарга 10^{-9} *к.* заряд берилган, 2) бу шарни бошқа бир *4 см* радиусли ва ерга уланган шар ичига концентрик равишда жойлаштирилган.

9.97. $R=10$ *см* ва $R_2=10,5$ *см* радиусли иккита концентрик сферадан иборат бўлган сферик конденсаторнинг сиғими топилсин. Сфералар орасидаги бўшлиқ ёғ билан тўлдирилган. Ёғга жойлаштирилган шар худди шундай сиғимга эга бўлиши учун, унинг радиуси қанча бўлиши керак?

9.98. Ҳаво орқали сферик конденсатор ички шарининг радиуси $R_1=1$ *см*, ташқи шарнинг радиуси эса $R_2=4$ *см*. Шарлар орасига $U=$ *3000 В* потенциаллар айирмаси берилган. Шарлар марказидан $x=3$ *см* узоқликдаги электр майдонининг кучланганлиги топилсин.

9.99. Ҳаво оралиқли сферик конденсатор ички шарининг радиуси $R_1=1$ см, ташқи шарнинг радиуси эса $R_2=4$ *см*. Шарлар орасига $U=$ *3000 В* потенциаллар айирмаси берилган. Шарлар марказига $r_1=3$ *см* узоқликдан $r_2=2$ *см* узоқликкача яқинлашаётган электрон қандай тезликка эришади?

9.100. 17- расмдаги конденсаторлар системасининг сиғими топилсин. Ҳар бир конденсаторнинг сиғими *0,5 мкф*.



17-

9.101. Электрометр ёрдамида икки конденсаторнинг сиғими солиштирилган. Бунинг учун конденсаторлар $U_1=300B$ ва $U_2=100B$ потенциалгача зарядланиб, ўзаро параллел уланган. Бунда конденсатор қопламалари орасидаги потенциаллар айирмаси электрометр билан ўлчанганда *250 В* га тенг бўлган. Сиғимлар нисбати $\frac{C_1}{C_2}$ топилсин.

9.102. *А* ва *В* нуқталар орасидаги потенциаллар айирмаси *0,02* $СГС_U$ га тенг (18-расм). Биринчи конденсаторнинг сиғими *2 мкф*, иккинчисиники эса *4 мкф*. Ҳар бир конденсатор қопламаларидаги заряд ва потенциаллар айирмаси топилсин.

9.103. Бир конденсаторнинг сиғими ўзгармас бўлиб у $3,33\cdot10^{-9}$ *ф* га тенг, иккинчисиники *20* $СГС_C$ дан *500* $СГС_C$ гача ўзгариб турса, улардан тузилган системанинг сиғими қандай чегарада ўзгара олади?

9.104. Ҳар бирининг сиғими *10 пф* дан *450 пф* гача ўзгара оладиган ўзгарувчан сиғимли икки конденсатордан тузилган системанинг сиғими қандай чегарада ўзгара

олади?

9.105. *20 мкф* сиғимли конденсатор *100 В* потенциалгача зарядланган. Шу конденсаторнинг энергияси топилсин.

9.106. *1 м* радиусли шар *30000 В* потенциалгача зарядланган. Зарядланган шар энергияси топилсин.

9.107. Керосинга ботирилган шарнинг потенциали *4500 В* ва зарядининг сирт зичлиги *3,4* $СГС_q/см^2$. шарнинг 1) радиуси, 2) заряди, 3) сиғими ва 4) энергияси топилсин.

9.108. *3000 В* потенциалгача зарядланган *10 см* радиусли А шарни кучланиш манбаидан узиб (сиғими ҳисобга олинмайдиган) сим билан олдин узоқлаштирилган зарядсиз *В* шарга уланади, сўнгра *В* шардан узилгандан сўнг узоқлаштирилган зарядсиз *С* шарга уланади. *С* ва *В* шарларнинг радиуси *10 см*. 1) А шарнинг бошланғич энергияси, 2) улангандан кейин *А* ва *В* шарларнинг энергияси ва уланишдаги разряд иши, 3) улангандан кейинги *А* ва *С* шарларнинг энергияси ва уланишдаги разряд иши топилсин.

6-7-mavzu. Elektr sig'imiga oid masalalar yechish. Kondensatorlar sig'imini hisoblashga oid masalalar yechish.

9.109. Бирининг заряди 10^{-8} *к*, радиуси *3 см* бўлган ва иккинчисининг радиуси *2 см*, потенциали *9000 В* бўлган иккита металл шарча бир-бирига сим билан уланган (симнинг сиғими жуда кичик бўлганлиги учун уни ҳисобга олмаслик мумкин). 1) Биринчи шарчанинг разряддан олдинги потенциали, 2) иккинчи шарчанинг разряддан олдинги заряди, 3) ҳар бир шарчанинг разряддан олдинги

энергияси, 4) биринчи шарчанинг разряддан кейинги потенциали ва заряди, 6) сим билан уланган шарчаларнинг энергияси, 7) разряд иши топилсин.

9.110 *2 см* радиусли зарядланган *А* шар *3 см* радиусли зарядланмаган *В* шарга тегизилади. Кейин шарларни бир-биридан ажиратилганда *В* шарнинг энергияси *0,4 ж* га тенг бўлиб қолади. Тегизилгунча *А* шарда қанча заряд бўлган?

9.111. Ҳар бирининг юзи *100 см*^{2} бўлган конденсатор пластинкалари ўзаро $3\cdot10^{-3}$ *кГ* куч билан тортилади. Пластинкаларнинг ораси слюда билан тўлдирилган. 1) пластинкалардаги заряд, 2) пластинкалар орасидаги майдон кучланганлиги, 3) майдоннинг ҳажм бирлигидаги энергияси топилсин.

9.112. Ясси конденсатор пластинкалари орасига юпқа слюда пластинкаси қўйилган. Электр майдони кучланганлиги *10 кв/см* бўлганда бу пластинкага қандай босим таъсир қилади?

9.113. Абсалют электрометр пастки пластинкаси қўзғалмас бўлиб, юқориги пластинкаси эса тарозининг шайинига осилган ясси конденсатордир. Конденсатор зарядсиз бўлганда пластинкаларнинг оралиғи $d=1$ *см*. тарозининг бошқа палласига $P=5{,}1\cdot10^{-3}$ *кГ* юк қўйилганда ҳам пластинкалар оралиғи $d=1$ *см*. холда қолиши учун пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси қандай бўлиши керак? пластинкаларнинг юзи $S=50$ *см*^{2}.

9.114. Ҳар бирининг юзи 100 *см*^{2} бўлган конденсатор пластинкалари потенциаллар айирмаси *280 В*. Пластинкалардаги зарядннинг сирт зичлиги $4{,}95\cdot10^{-11}$ *к/см*^{2}. 1) Конденсатор ичидаги майдоннинг кучланганлиги, 2) пластинкалар оралиғи, 3) электроннинг конденсаторнинг бир пластинкасидан то иккинчи пластинкасигача бўлган масофани штишдаги олган тезлиги, 4) конденсаторнинг энергияси, 5) конденсаторнинг сиғими, 6) конденсатор пластинкаларининг ўзаро тортишиш кучи топилсин.

9.115. Ясси конденсатор пластинкаларининг юзи *100 см*^{2} ва уларнинг оралиғи *5 мм*. Конденсаторни разрядлаганда $4{,}19\cdot10^{-3}$ *ж* иссиқлик ажралиб чиққан бўлса, конденсатор пластинкаларига қандай потенциаллар айирмаси берилганлиги аниқлансин.

9.116. Пластинкаларнинг оралиғи *2 см* бўлган ясси ҳаво оралиқли конденсатор *3000 В* потенциалгача зарядланган. Электр қуввати манбаини узмасдан туриб пластинкаларни бир-биридан *5 см* гача узоқлаштирсак,

конденсатор майдонининг кучланганлиги қандай бўлади? Конденсаторнинг пластинкалари сурилишидан олдинги ва сурилишидан кейинги энергияси топилсин. Ҳар бир пластинканинг юзи *100 см*^{2}.

9.117. Олдинги масала олдин кучланиш манбаини узиб, сўнг конденсатор пластинкаларини бир-биридан узоқлаштириш шартида ечилсин.

9.118. Пластинкаларнинг юзи *100 см*^{2} ва уларнинг оралиғи *1 мм* бўлган ясси конденсатор *100 В* гача зарядланган, сўнг пластинкалар *25 мм* гача бир-биридан узоқлаштирилган. Пластинкаларни узоқлаштиришдан олдин кучланиш манбаи: 1) узилмаган, 2) узилган холлар учун конденсаторнинг пластинкаларини узоқлаштиришдан олдинги ва узоқлаштиришдан кейинги энергияси топилсин.

9.119. Ясси конденсатор диэлектрик билан тўлдирилган бўлиб, унинг пластинкаларига бирор потенциаллар айирмаси берилиши натижасида энергияси $2\cdot10^{-5}$ *ж* га тенг бўлади. сўнгра конденсаторни кучланиш манбаидан узиб қўйиб, диэлектрикни конденсатор ичидан олиб ташланади. Диэлектрикни олиб ташлаш учун электр майдон кучини енгишда бажарилиши керак бўлган иш $7\cdot10^{-5}$ *ж* га тенг. Диэлектрикни диэлектрик киритувчанлиги топилсин.

9.120. Пластинкаларнинг оралиғи *5 мм* га тенг бўлган конденсатор 6 кв потенциалгача зарядланган. Пластинкаларнинг юзи *12,5 см*^{2} га тенг. Пластинкалар қуйидаги икки хил усул билан бир-биридан *1 см* гача узоқлаштирилади: 1) конденсатор кучланиш манбаи билан уланганича қолади ва 2) пластинкаларни узоқлаштиришдан олдин кучланиш манбаидан узиб қўйилади. Иккала холдаги: а) конденсатор сиғимини ўзгариши, б) электродлар юзи бўйлаб ўтаётган кучланганлик оқимининг ўзгариши ва в) электр майдони энергияси ҳажм зичлигининг ўзгариши топилсин.

9.121. Қуйидаги ҳолларда нуқтадаги электр майдони энергиясининг ҳажм зичлиги топилсин: 1) нуқта *1 см* радиусли зарядланган шар сиртидан 2 *см* узоқликда, 2) чексиз зарядланган текислик яқинида ва 3) зарядланган чексиз узун ипдан *2 см* узоқликда жойлашган. Шар ва текисликдаги заряднинг сирт зичлиги $1{,}67\cdot10^{-5}$ *к/м*. Уччала ҳол учун муҳитнинг диэлектрик киритувчанлиги 2 га тенг деб олинсин.

9.122. Оралиғи $d=3$ *см* бўлган ясси конденсатор пластинкаларига $U=1000$ *В* потенциаллар айирмаси берилган. Пластинкалар ораси диэлектрик ($\varepsilon=7$) билан тўлдирилган. а) боғланган (қутубланган) зарядларнинг

сирт зичлиги ва б) диэлектрик тўлдирилганда пластинкалардаги заряд сирт зичлигининг қанчага ўзгариши топилсин. Масала қуйидаги икки шартда ечилсин: 1) пластинкалар ораси конденсатор кучланиш манбаига уланган вақтида диэлектрик билан тўлдирилган, 2) пластинкалар ораси конденсатор кучланиш манбаидан узиб қўйилгандан кейин диэлектрик билан тўлдирилган.

9.123. Ясси конденсатор пластинкаларининг ораси электрланиш коэффиценти (диэлектрик сингдирувчанлиги) *0,08* га тенг бўлган диэлектрик билан тўлдирилган. Пластинкаларга *4 кВ* потенциаллар айирмаси берилган. Пластинкалардаги ва диэлектрикдаги заряднинг сирт зичлиги топилсин. Пластинкалар оралиғи *5 мм* га тенг.

9.124. Ясси конденсатор пластинкаларининг орасига шиша қўйилган. Пластинкалар оралиғи *4 мм* га тенг. Пластинкаларга *1200 В* кучланиш берилган. 1) Шишадаги майдон кучланганлиги, 2) конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлиги, 3) шишадаги боғланган заряднинг сирт зичлиги ва 4) шишанинг электрланиш коэффиценти топилсин.

9.125. Ясси конденсатор пластинкаларининг ораси ёғ билан тўлдирилган. Пластинкалар оралиғи *1 см* га тенг. Ёғдаги боғланган (қутубланган) зарядларнинг сирт зичлиги $6,2\cdot10^{-10}$ *к/см* га тенг бўлиши учун, шу конденсатор пластинкаларига қанча потенциаллар айирмаси бериш керак?

9.126. Ясси конденсатор пластинкалари орасига шиша пластинка киритилган. Конденсатор пластинкаларининг юзи *100* $см^2$ га тенг. Конденсатор пластинкалари бир-бирига $4,9\cdot10^{-3}$ *н* га тенг куч билан тортилиб, шиша пластинкани қисиб туради. Шиша сиртидаги боғланган зарядларнинг сирт зичлиги топилсин.

9.127. Ясси конденсатор пластинкалари орасида парафин бор. Конденсаторни кучланиш манбаига уланганда пластинкаларнинг парафинга бўлган босими *5* $н/м^2$ га тенг бўлган. 1) Парафиндаги электр майдонининг кучланганлиги ва электр индукция, 2) парафиндаги боғланган зарядларнинг сирт зичлиги, 3) конденсатор пластинкаларидаги зарядларнинг сирт зичлиги, 4) парафиндаги электр майдони энергиясининг ҳажм зичлиги ва 5) парафиннинг электрланиш коэффиценти топилсин.

9.128. Ясси конденсатор пластинкалари бир-биридан *2 мм* узоқликда жойлашган бўлиб, улар ораси бутунлай диэлектрик билан тўлдирилган. Пластинкаларга *600 В* потенциаллар айирмаси берилган. Электр манбаини узиб

қўйиб, диэлектрикни конденсатор ичидан олиб ташланганда пластинкалардаги потенциаллар айирмаси *1800 В* гача ортади. 1) Дилектрикдаги боғланган зарядларнинг сирт зичлиги ва 2) диэлектрикнинг электрланиш коэффиценти топилсин.

9.129. Ясси конденсатор пластинкалари орасидаги *20 см*^{2} ҳажмдаги фазо диэлектрик билан тўлдирилган (ε=5). Конденсатор пластинкалари кучланиш манбаига уланган. Шунда диэлектрикдаги боғланган зарядларнинг сирт зичлиги *8,35* $\cdot 10^{-6}$ *к/м*^{2} га тенг. Конденсатордан диэлектрикни олиб ташлаш учун электр майдони кучини енгишда қанча иш бажарилади? Масалани қуйидаги икки ҳол учун ечилсин: 1) диэлектрик конденсатор электр манбаига уланган вақтда олиб ташланган, 2) диэлектрик конденсатор кучланиш манбаидан узиб қўйилгандан кейин олиб ташланган.

8-mavzu. Elektr maydon energiyasiga oid masalalar yechish. Elektr maydonida dielektriklarga oid masalalar yechish

9.80. Бир хил $R=1$ *см* радиусли ва бир хил $P=4\cdot 10^{-5}$ *кГ* оғирликлари иккита шарча сиртлари бир-бирига тегадиган қилиб ипларга осиб қўйилган. Шарчалар зарядланганда иплар қандайдир бурчакка ажраб, ипларнинг қандайдир бурчакка ажраб, ипларнинг таранглик кучи $F=$ *4,9*$\cdot 10^{-4}$ *н* га тенг бўлиб қолди. Шарчаларни осиб қўйилган нуқтасидан ҳар бир шарча марказигача бўлган оралиқ *10 см* бўлганда зарядланган шарчаларнинг потенциали топилсин.

9.81. *792 В* потенциалгача зарядланган шарча зарядининг сирт зичлиги *3,33*$\cdot 10^{-7}$ *к/м*^{2}. Шарчанинг радиуси топилсин.

9.82. 1) Нормал босимда ҳавода разряд электр майдонининг кучланганлиги $E_0=30$ *кВ/см* бўлганда содир бўлса, шар радиуси R билан унинг ҳавода зарядланиш мумкин бўлган максимал потенциали U орасидаги муносабат, 2) диаметри *1 м* бўлган шарнинг максимал потенциали топилсин.

9.83. Бир хил $R=1$ *см* радиусли ва $P=0,15$ *кГ* оғирликдаги иккита шарча бир хил $U=3$ *кВ* потенциалгача зарядланган бўлиб, улар бир-биридан r_1 ораликда турибди. Шунда уларнинг тортишиш (гравитатцион) энергияси 10^{-11} *ж* га тенг. Шарчалар улар оралиғи r_2 га тенг бўлгунча яқинлаша боради. Шарчаларни яқинлашгандан кейинги уларнинг электростатик энергияси топилсин.

9.84. Ҳар бир пластинканинг юзи *1* $м^2$ бўлган ясси ҳаво оралиқли конденсатор пластинкаларининг оралиғи *1,5 мм*. Шу конденсаторнинг сиғими топилсин.

9.85. Олдинги масаладаги конденсатор *300 в* потенциалгача зарядланган. Конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлиги топилсин.

9.86. $2,5\cdot10^{-4}$ *мкф* сиғимли конденсатор ясаш учун *0,05 мм* қалинликдаги парафин шимдирилган қоғозниниг икки томонига станиол доирачалари ёпиштирилган. Бу доирачаларнинг диаметри топилсин.

9.87. Ҳаво орқали ясси конденсатор пластинкаларга *300 В* потенциаллар айирмаси берилган. Конденсаторни электр кучланиши манбаидан узиб қўйиб, пластинкалар орасига эбонит тўлдирилади. 1) Эбонит тўлдирилгандан кейин пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси қандай бўлади? 3) Эбонит тўлдирилгунча ва тўлдирилгандан кейин конденсаторнинг сиғими қандай бўлади? Эбонит тўлдирилгунча ва тўлдирилгандан кейин конденсатор пластинкаларидаги заряднинг сирт зичлиги қандай бўлади?

9.88. Олдинги масала электр кучланиши манбаини узмасдан конденсатор пластинкаларининг орасига изолятор тўлдирилгандаги ҳол учун ечилсин.

9.89. Бир-биридан $d_1=1$ *см* узоқликдаги ясси конденсатор пластинкалари орасига $U=300$ *В* потенциаллар айирмаси берилган. Пластинкалар орасидаги бўшлиққа ҳар бирининг қалинлиги $d_1=0,5$ *см* бўлган шиша ва парафин ясси- паралел пластинкалари жойлаштирилган. 1) ҳар бир қатламдаги электр майдонининг кучланганлиги, 2) ҳар бир қатламда потенциалнинг тушиши, 3) пластинкаларнинг юзи $S=$ *100* $см^2$ бўлгандаги конденсаторнинг сиғими, 4) пластинкалардаги заряднинг сирт зичлиги топилсин.

9.90. Бир-биридан $d=$ *1 см* узоқликдаги ясси конденсатор пластинкалари орасига $U=100$ *В* потенциаллар айирмаси берилган. Пластинкаларнинг бирига *9,5 мм* қалинликдаги кристалл бромли таллий ($\varepsilon=173$) ясси – паралел пластинкаси ёпиштирилган конденсаторни кучланиш

манбаидан узиб қўйиб, кристалл пластинкани олиб ташланади. Шундан кейин конденсатор пластинкалари орасидаги потенциаллар айирмаси қандай бўлади?

9.91. Коаксиал электр кабели ингичка симлардан ва унга нисбатан концентрик равишда ўралган цилиндрик қобиқдан иборат бўлиб, уларнинг орасида изолятор бўлади. агар кабель ичидаги ингичка сим радиуси *1,3 см*, қобиқнинг радиуси *3,0 см* ва изоляторнинг диэлектрик киритувчанлиги *3,2* бўлса, кабель узунлик бирлигининг сиғими (*мкф/м* да) топилсин.

9.92. Коаксиал кабель ингичка симларининг радиуси *1,5 см*, қобиқнинг радиуси *3,5 см*. Ингичка симлар ва қобиқ орасига *2300 В* потенциаллар айирмаси берилган. Кабель ўқидан *2 см* узоқликдаги электр майдони кучланганлиги ҳисоблансин.

9.93. Ҳаво оралиқли цилиндрик конденсатор ички цилиндрининг радиуси $r = 1{,}5$ *см*, ташқи цилиндрининг радиуси $R = 3{,}5$ *см*. Цилиндрлар орасига $U = 2300$ *В* потенциаллар айирмаси берилган. Бу конденсатор майдонининг таъсирида ҳаракатланаётган электрон цилиндр ўқидан $l = 2{,}5$ *см* узоқликдан $l_2 = 2$ *см* узоқликкача ўтишда қандай тезликка эришади?

9.94. Цилиндрик конденсатор *3 мм* радиусли ички цилиндр, икки қатлам изолятор ва *R= 1 см* радиусли ташқи цилиндрдан иборат. $d_1 = 3$ *мм* қалинликдаги биринчи изолятор қатлами ички цилиндрга тегиб туради. Қатламлардаги потенциаллар тушишининг нисбати топилсин.

9.95. Фотография ҳодисаларини текширишда сферик конденсатор ишлатилади. Бу конденсатор *1,5 см* диаметрли металл шар – марказий катоддан ва *11 см* диаметрли ички сирти кумушланган сферик колба-аноддан иборат. Колбадан ҳаво сўриб олинади. Бу конденсаторнинг сиғими топилсин.

9.96. Қуйидаги ҳолларда *3 см* радиусли шарнинг потенциали топилсин: 1) шарга 10^{-9} *к*. заряд берилган, 2) бу шарни бошқа бир *4 см* радиусли ва ерга уланган шар ичига концентрик равишда жойлаштирилган.

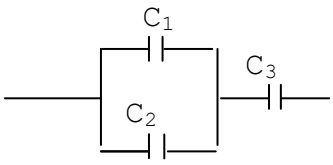
9.97. $R = 10$ *см* ва $R_2 = 10{,}5$ *см* радиусли иккита концентрик сферадан иборат бўлган сферик конденсаторнинг сиғими топилсин. Сфералар орасидаги бўшлиқ ёғ билан тўлдирилган. Ёғга жойлаштирилган шар худди шундай сиғимга эга бўлиши учун, унинг радиуси қанча бўлиши керак?

9.98. Ҳаво орқали сферик конденсатор ички шарининг радиуси $R_1 = 1$ *см*, ташқи шарнинг радиуси эса $R_2 = 4$ *см*.

Шарлар орасига $U = 3000$ *В* потенциаллар айирмаси берилган. Шарлар марказидан $x = 3$ *см* узоқликдаги электр майдонининг кучланганлиги топилсин.

9.99. Ҳаво оралиқли сферик конденсатор ички шарининг радиуси $R_1 = 1$ см, ташқи шарнинг радиуси эса $R_2 = 4$ *см*. Шарлар орасига $U = 3000$ *В* потенциаллар айирмаси берилган. Шарлар марказига $r_1 = 3$ *см* узоқликдан $r_2 = 2$ *см* узоқликкача яқинлашаётган электрон қандай тезликка эришади?

9.100. 17- расмдаги конденсаторлар системасининг сиғими топилсин. Ҳар бир конденсаторнинг сиғими *0,5 мкф*.



17-

9-10-mavzu. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni. Berk zanjir uchun Om qonuniga oid masalalar yechish.

10.1. Ток кучи *I* вақт t га қараб , *I=4+2t* тенглама бўйича ўзгаради, бунда *I* амперларда ва *t* секундларда ифодаланган. 1) Ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан $t_1 = 2$ *сек* дан $t_2 = 6$ *сек* гача вақт оралиғида ўтадиган электр миқдори ва 2) шу вақт оралиғида ўтказгич кўндаланг кесимидан шунча электр миқдори ўтиши учун ўзгармас токнинг кучи қанча бўлиши кераклиги аниқлансин.

10.2. Лампани реостат паралел уланган бешта электр лампочкадан иборат. 1) Ҳамма лампочка ёнгандаги, 2) а) битта лампочка буралиб ўчирилгандаги, б) иккитаси ўчирилгандаги, в) учтаси ўчирилгандаги, г) тўртаси ўчирилгандаги реостат қаршилиги топилсин. Ҳар бир лампочканинг қаршилиги *350 ом*.

10.3. Қаршилиги *40 ом* бўлган печь ясаш учун, радиуси *2,5 ом* ли чинни цилиндрга диаметри *1 мм* ли нихром симдан неча қаватўраш керак?

10.4. Мис сим ўралган ғалтакнинг қаршилиги *R=10,8 ом*, мис симнинг оғирлиги *P=3,41 кГ*. Ғалтакка ўралган симнинг узунлиги ва диаметри *d* топилсин.

10.5. Диаметри *1 см*, оғирлиги *1 кГ* бўлган темир стерженнинг қаршилиги топилсин.

10.6. Мис ва алюминийдан қилинган икки цилиндрик ўтказгичнинг узунлиги ва қаршилиги бир хил бўлса, мис сим алюминий симдан неча марта оғир бўлади?

10.7. Электр лампочкаси вольфрам ипининг қаршилиги 20^0 *С* да *35,8 ом* га тенг. *120 В* кучланишли электр тармоғига уланган лампочка толасидан *0,33 А* ток ўтса, унинг температураси қанча бўлади? Вольфрам қаршилигининг тепература коэффиценти $4,6 \cdot 10^{-3}$ $град^{-1}$ га тенг.

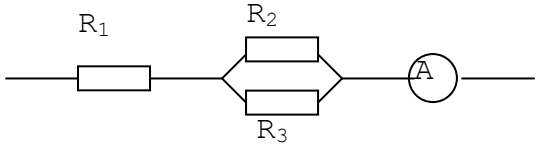
10.8. Темир симли реостат, миллиамперметр ва ток генератори кетма-кет уланган. Реостатнинг қаршилиги 0^0 *С* да *120 ом* га, миллиамперметрнинг қаршилиги эса *20 ом* га тенг. Миллиамперметр *22 мА* ни кўрсатиб турибди. Реостат 50^0 *С* гача қизиганда миллиамперметр қанчани кўрсатади? Темир қаршилигининг температура коэффиценти $6 \cdot 10^{-3}$ $град^{-1}$ га тенг. Генераторнинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.9. Мис симли ғалтак чулғамининг қаршилиги 14^0 *С* да *10 ом* га тенг. Токка улангандан кейин чулғамнинг қаршилиги *12,2 ом* га тенг бўлиб қолади. Чулғам қанча

температурагача қизийди? Мис қаршилигининг температура коэффиценти *4,15 ·10^{-3} град$^{-1}$* га тенг.

10.10. Узунлиги *500 м* ва диаметри *2 мм* бўлган мис симдан ўтаётган токнинг кучи *2 а* га тенг бўлса, ундаги потенциалнинг тушиши топилсин.

10.11. Амперметр *3 А* ни кўрсатади; R_1 = *4 ом*, R_2 = *2 ом*, R_3 = *4 ом* (19-расм); R_1, R_2 ва R_3 қаршиликларида потенциалнинг тушиши ҳамда R_2 ва R_3 қаршиликлардан ўтаётган токнинг кучи топилсин.



19- расм

10.12. Электр юритувчи кучи 1,1 *В*, ички қаршилиги *1 ом* бўлган элемент *9 ом* ли ташқи қаршиликка уланган. 1) Занжирдаги ток кучи, 2) ташқи занжирдаги потенциалнинг тушиши, 3) элементнинг ичидаги потенциалнинг тушиши, 4) элемент қандай фойдали иш коэффиценти билан ишлаши топилсин.

10.13. олдинги масаладаги занжир учун ташқи занжирдаги потенциал тушишининг ташқи қаршиликка боғлиқлик графиги чизилсин. Ташқи қаршилик $0 \le R \le 10$ *ом* интервалда ҳар *2 ом* дан олинсин.

10.14. Электр юритувчи кучи *2 В* бўлган элементнинг ички қаршилиги *0,5 ом*. Занжирдаги ток кучи *0,25 А* бўлганда элемент ичидаги потенциалнинг тушиши ва занжирнинг ташқи қаршилиги топилсин.

10.15. Элементнинг электр юритувчи кучи *1,6 В* га, ички қаршилиги *0,5 ом* га тенг. Ток кучи *2,4 А* бўлганда элементнинг Ф.И.К. қанча бўлади?

10.16. Элементнинг электр юритувчи кучи *6 В* га тенг, ташқи қаршилик *1,1 ом* бўлганда занжирдаги ток кучи *3 А* га тенг. Элемент ичидаги потенциалнинг тушиши ва унинг қаршилиги топилсин.

10.17. Элементнинг қаршилиги ташқи қаршиликдан n марта кичик бўлса, унинг учларидаги потенциалнинг тушиши элемент Э. Ю. К. нинг қанча қисмини ташкил қилади?

Масала: 1) n=0,1 , 2) n=1 , 3) n=10 шартлар учун ечилсин.

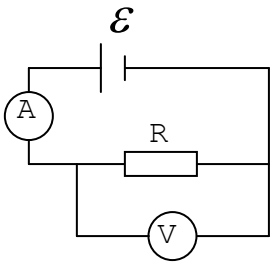
10.18. Элемент, реостат ва амперметр кетма-кет уланган. Элементнинг э.ю.к. *2 В* ва ички қаршилиги *0,4 ом*. Амперметр *1 А* ни кўрсатади, элементнинг ф.и.к. топилсин.

10.19. Электр юритувчи кучи *2 В* ички қаршилиги *0,3*

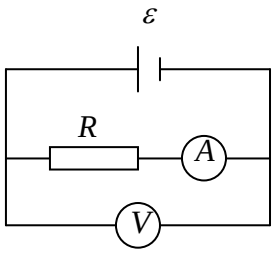
ом бўлган иккита бир хил элемент бор. 1) Ташқи қаршилик *0,2 ом*, 2) ташқи қаршилик *16 ом* бўлганда энг кўп ток кучи олиш учун элементларни қандай улаш керак. (кетма-кет ёки параллелми)? Ток кучи ҳар бир хол учун алоҳида топилсин.

10.20. Вольтметрнинг қаршилигини чексиз катта деб ҳисоблаб, 20- расмдаги схемада амперметр ва вольтметрнинг кўрсатиши бўйича реостат қаршилиги R_V га тенг бўлганда топилган қаршиликнинг нисбий хатолиги аниқлансин. Масалани R_V*=1000 ом* ва *R* қуйидагиларга тенг бўлгандаги ҳол учун ечилсин: 1) 10 ом, 2) 100 ом, 3) 1000 ом.

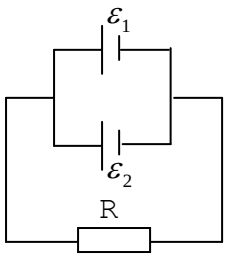
10.21. Амперметрнинг қаршилиги чексиз кичик деб ҳисоблаб, 21- расмдаги схемада амперметр ва вольтметрнинг кўрсатиш бўйича реостат қаршилиги *R* аниқланади. Ҳақиқатда амперметр қаршилиги R_A га тенг



20-



21- расм



22-

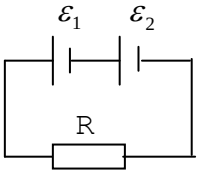
бўлганда топилган қаршиликнинг нисбий хатолиги аниқлансин. Масалани R_A*=0,2 ом* ва *R* қуйидагиларга тенг бўлгандаги ҳол учун ечилсин: 1) *1 ом*, 2) *10 ом*, 3) *100 ом*.

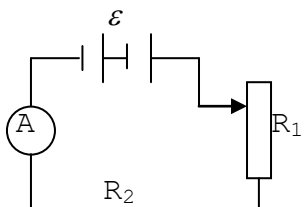
10.22. *22*- расмдаги қаршилик *R=1,4 ом*, ε_1 ва ε_2- иккита элемент бўлиб, ҳар бирининг э.ю.к. *2 В* га тенг. Бу элементларнинг ички қаршилиги тегишлича r_1*=1 ом* ва r_2*=1,5 ом* га тенг. Ҳар бир элементдаги ва бутун занжирдаги ток кучи топилсин.

11-12-mavzu. Tarmoqlangan zanjirlar. Kirxgof qoidalariga oid masalalar yechish.

10.23. *23*- расмдаги қаршилик *R=0,5 ом*, ε_1 ва ε_2- иккита элемент бўлиб, ҳар бирининг э.ю.к. *2 В* га тенг. Бу элементларнинг ички қаршилиги тегишлича r_1*=1 ом* ва r_2*=1,5 ом*. Ҳар бир элемент қисқичларидаги потенциаллар айирмаси топилсин.

10.24. *24*- расмдаги схемада э.ю.к. *20 В* га тенг бўлган батарея ҳамда R_1 ва R_2 реостатлар берилган. R_1 – реостат улунмаганда амперметр *8 А* ни кўрсатади; R_1 – уланганда эса *5 А* ни кўрсатади. Реостатларнинг қаршилиги ва R_1 – реостат тўла уланганда потенциалларнинг тушиши топилсин. Батарея ва амперметр қаршилиги ҳисобга олинмасин.

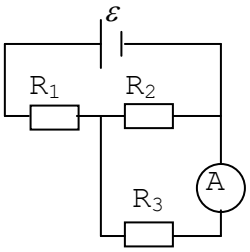




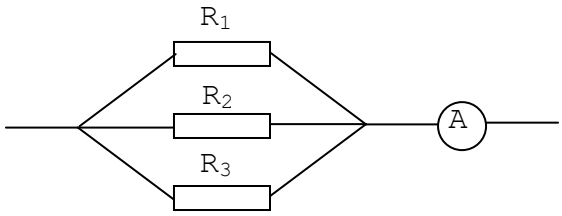
10.25. Элемент , амперметр ва қаршилик кетма-кет уланган. Қаршилик узунлиги *100 м* ва кўндаланг кесими *2 мм*^{2} бўлган мис симдан ясалган, амперметр қаршилиги *0,05 ом*; амперметр *1,43 А* ни кўрсатади. Қаршилик узунлиги *57,3 м* ва кўндаланг кесими *1 мм*^{2} бўлган алюминий симдан ясалганда эса амперметр *1 А* ни кўрсатади. Элементнинг э.ю.к. ва ички қаршилиги топилсин.

10.26. *25-* расмдаги схемада амперметр кўрсатган ток кучи аниқлансин. Берк контурда элемент қисқичларидаги кучланиш *2,1 В* га тенг: R_1*=5 ом*, R_2 *=6 ом* ва R_3*= 3 ом*. Амперметр қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.27. *26-* расмдаги схемада R_2*= 20 ом*, R_3*=15 ом* ва R_2 қаршиликдан ўтаётган ток кучи *0,3 А* га тенг. Амперметр *0,8 А* ни кўрсатиб турган бўлса, R_1 қаршилиги қанча бўлади?

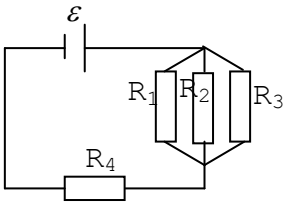


25-

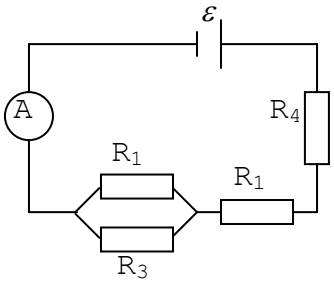


26-

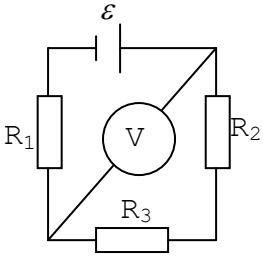
10.28. *27-* расмда э.ю.к. *100 В* бўлган *ε-* батарея ва R_1*=*R_3*=40 ом*, R_2*=80* ом ва R_4*=34 ом* бўлган қаршиликлар берилган. 1) R_2 қаршиликдан ўтувчи ток кучи ва 2) шу қаршиликдаги потенциалнинг тушиши топилсин. Батареянинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.



27-



28-



29-

10.29. *28-* расмда э.ю.к. *120 В* бўлган *ε* батарея ва R_3 *= 20 ом*, R_4 *= 25 ом* қаршиликлар кўрсатилган. R_1 қаршиликдаги потенциалнинг тушиши *40 В* га тенг. Амперметр *2 А* ни кўрсатади. R_2 қаршилик топилсин. Батарея ва амперметр қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.30. 1) *28-* расмдаги схемада *ε=10 В, r=1 ом* ва ф.и.к. *0,8* бўлса, амперметр қанча токни кўрсатади? 2) R_1 қаршиликдаги потенциалнинг тушиши *4 В* га ва R_4 қаршиликда *2 В* га тенг бўлганда R_2 қаршиликдаги потенциалнинг тушиши қанча бўлади?

10.31. *29-* расмда э.ю.к. *100 В* бўлган *ε* батарея ҳамда R_1*=100 ом*, R_2*=200 ом* ва R_3*=300 ом* қаршиликлар берилган. Вольтметр қаршилиги *2000 ом* бўлганда у қанча кучланишни кўрсатади? Батарея қаршилиги ҳисобга олинмасин.

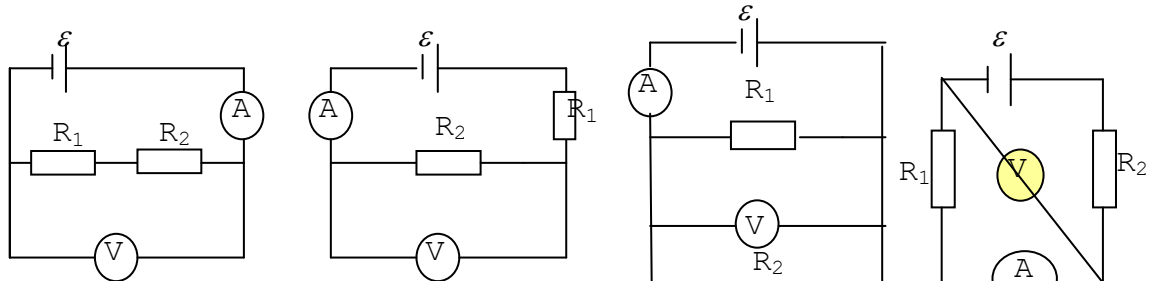
10.32. *29-* расмдаги схемада R_1*=* R_2*=* R_3*=200 ом*, вольтметрнинг кўрсатиши *100 В*, вольтметрнинг қаршилиги R_v*=1000 ом* бўлгандаги батареянинг э.ю.к. топилсин. Батарея қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.33. *30-33* - расмларда тасвирланган схемалардаги амперметр ва вольтметр кўрсатишлари топилсин. Вольтметрнинг қаршилиги *1000 ом*, батареянинг э.ю.к. *110 В*, R_1*= 400 ом*, R_2*=600 ом*. Батарея ва амперметр қаршиликлари ҳисобга олинмасин.

10.34. Қаршилиги *0,16 ом* бўлган амперметрга қаршилиги *0,04 ом* бўлган шунт уланган . Амерметр *8 А* ни курсатади . Магестралдаги ток кучини топилсин .

10.35. *10* ампер тока мўлжалланган қаршилиги 0,*18 ом* ва шкаласи *100* га бўлинган амперметр берилган . 1) Шу амперметрда *100 А* гача бўлган токни ўлчаш учун қандай қаршилик олиш ва уни қандай улаш керак ? 2) Бунда амперметр шкаласи булинмаларининг қиймати қандай ўзгаради ?

10.36. *30 В* гача бўлган потенциаллар айирмасини ўлчашга мўлжалланган, шкаласи *150* га бўлинган ва қаршилиги *2000 ом* бўлган волтьметр берилган. 1) шу вольтметрда *75* вольтли потенциаллар айирмасини ўлчаш учун қандай қаршилик олиш ва уни қандай улаш керак? 2) Бунда вольтметр шкаласи бўлинмаларининг қиймати қандай бўлади ?



10.37. *0* дан 15 мА гача шкалали миллиамперметр қарлшилиги 5 ом га тенг 1) 0 оан *0,15 А* гача буллган ток кучини ва 2) *0* дан *150 в* гача бўлган потенциаллар айирмасини ўлчаш учун асбобга қанча қаршилик қандай комбинцияда уланади ?

10.38. Қуввати *40 вт* бўлган *120 в* ли лампочка берилган . Лампочка *220 В* кучланишли тармоқда нормал ёниши учун унга кетма – кет қандай қушимча қаршилик уланиши керак? Шундай қаршиликни ясаш учун диаметри *0,3 мм* бўлган нихром симдан неча метр олиш керак ?

10.39. *110 в* кучланишга муллжалланган ва куввати мос равишда *40*, *40* ва *80 вт* бўлган *3*та лампочка берилган . Шу лампочкалар нормал ёниши учун *220 в* кучланишли тармоққа қандай уланади ? Лампочкалар нормал ёнганда улардан ўтадиган ток кучи топилсин. лампочкаларнинг уланиш схемаси чизилсин.

13-mavzu. Elektr tokining ishi, quvvatiga oid masalalar yechish.

10.40. Генаратордан *100 м* узокликдаги лабораторияда *10 А* ток қабул қилувчи иситувчи электр асбоби уланган. Шу лабораторияда ёниб турган электр лампочкаси қисқичларидаги кучланиш қанча камайиши аниқлансин . Уловчи мис симларнинг кесими *5 мм*^{2} га тенг.

10.41. Э.Ю.К *500 В* бўлган батареядан *2,5 км* масофага энергия узатиш керак . Батареянинг куввати *10 кВт* . Уловчи мис симнинг диаметри *1,5 см* бўлганда тармоқдаги қувватнинг минимал исроф бўлиши топилсин.

10.42. Э.ю.к *110 в* бўлган генератордан *2,5 км* масофага энергия узатиш керак. Истемол кувват *10 кВт* .Тармоқдаги исроф бўлган қувват *1%* дан ортмагандаги уловчи симнинг минимал кесими топилсин.

10.43. Узунлиги ва диаметри бир хил мис хамда пўлат симлар занжирга кетма – кет уланган. 1) Бу симлардан ажраладиган иссиқлик миқдорининг нисбати ва 2) кучланишлар тушишининг нисбати топилсин.

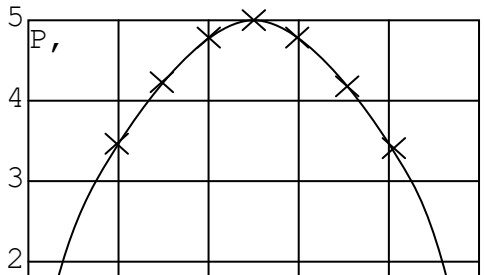
10.44. Олдинги масалани симлар параллел уланган ҳол учун ечилсин.

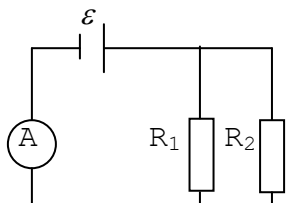
10.45. Э.ю.к *6 в* га тенг элемент максимал *3 А* ток беради. Ташқи қаршиликда *1мин* да ажралиб чиққан энг кўп иссиқлик миқдори топилсин .

10.46. Батареянинг э.ю.к. *240 в* , қаршилиги *1 ом* , ташқи қаршилик *23 ом* . Батареянинг 1) умумий қуввати 2) фойдали қуввати ва 3) ф.и.к. топилсин.

10.47. Ташқи қаршиликнинг икки R_1 *=5 ом* ва R_2*= 0,2 ом* қийматида ажралиб чиққан қувват бир хил бўлгандаги генераторнинг ички қаршилиги топилсин. Иккала ҳолнинг ҳар бирида генераторнинг ф.и.к. топилсин.

10.48. *34*-расмда фойдали қувватнинг занжирдаги токка боғланиши кўрсатилган. Эгри чизиқдаги нуқталар бўйича 1) элементнинг ички қаршилиги 2) элементнинг э.ю.к. топилсин ва 3) берилган элементнинг ф.и.к. ва ташқи занжир потенциали тушишининг занжирдаги ток кучига боғланиш графиги чизилсин.





10.49. *34*-расмда кўрсатилган эгри чизиқдаги маьлумотларга асосланиб 1) элемент ф.и.к.нинг 2) тўла қуввати P_1нинг 3) фойдали қуввати P_2 нинг ташқи занжир қаршилиги R га боғланиш графиклари чизилсин. Графиклар R нинг $0, r, 2r, 3r, 4r$ ва $5r$ қийматлари учун чизилсин. Бунда r элементнинг ички қаршилиги.

10. 50. Элементни олдин $R_1=2$ *ом* ли ташқи қаршиликка сўнг $R_2=0,5$ *ом* ли ташқи қаршиликка уланади . Бу холларнинг ҳар бирида ташқи занжирда олинадиган қувват бир хил ва *2.54 вт* га тенг булса , элементнинг э.ю.к. ва унинг ички қаршилиги топилсин .

10.51. Э.ю.к *2 В* ва ички қаршилиги *0.5 ом* бўлган элемент ташқи қаршилик R га уланган 1) занжирдаги ток кучининг 2) ташқи занжир учларидаги потенциаллар айирмасининг 3) ташқи занжирдан ажралган қувватнинг ва 4) тўла қувватнинг R қаршиликка боғланиш графиклари чизилсин. R қаршилик $0 \leq R \leq 4$ *ом* интервалда *0,5 ом* дан олинсин.

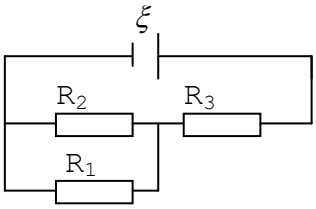
10.52. э.ю.к. ξ ва ички қаршилиги r бўлган элемент ташқи қаршилик R га уланган . ташқи занжирдаги энг кўп қувват *9 вт* га тенг . Бу холда занжирдан ўтаётган ток кучи *3А* га тенг ξ ва r нинг қиймати топилсин .

10.53. *35*- расмдаги схемада э.ю.к. *120 В* бўлган ξ батарея ва $R_3= 30$ *ом* , $R_2=60$ *ом* қаршиликлар берилган . Амперметр *2 А* ни кўрсатади . R_1 қаршиликда ажраладиган қувват топилсин . Батарея ва амперметр қаршилиги ҳисобга олинмасин.

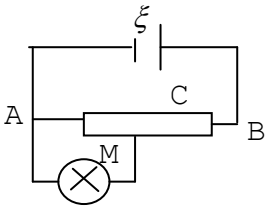
10.54. *35*- расмда кўрсатилган схемадаги Амперметрни кўрсатиши топилсин. Батареянинг э.ю.к. *100 в* га тенг , унинг ички қаршилиги *2 ом* га тенг. R_1 ва R_2 қаршиликлар мос равишда *25 ом* ва *78 ом* га тенг . R_1 қаршиликда ажраладиган қувват *16 вт* га тенг . Амперметр қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.55. 36-расмда э.ю.к. *120 в* бўлган ξ батарея хамда R_1*=25 ом*, R_2= =R_3*=100 ом* бўлган қувват топилсин . Батареянинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

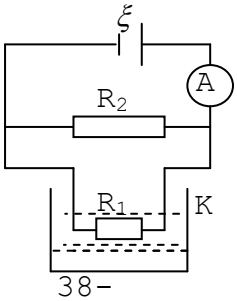
10.56. *36-* расмда қаршилик R_1*=100 ом* ,шу қаршиликда ажраладиган қувват *P =16 вт* . Генераторнинг ф.и.к. *80%.* R_3 қаршиликдаги потенциалнинг тушиши *40 в* га тенг бўлса , генераторнинг э.ю.к. топилсин .



36-



37-



38-

10.57. *37-* расмдаги э.ю.к. *120 В* бўлган батарея ξ, *АВ* – қаршилиги *120 ом* бўлган потенциометр ва *М* – лампочка берилган . Лампочка ёнганда қаршилиги *30 ом* дан *300 ом* гача ўзгаради . Сирпангич контакт *С* потенциометр ўртасида турганда лампочка учларидаги потенциаллар айирмаси қанчага ўзгаради ? Бунда Лампочканинг қуввати қанчага ўзгаради ?

10.58. *А* ва *В* нуқталар орасидаги потенциаллар айирмаси *9 в* га тенг қаршиликлари *5* ва *3 ом* бўлган иккита ўтказгич берилган . Ўтказгичлар *А* ва *В* нуқталар орасига 1) кетма –кет ва 2) параллел уланганда ҳар бир ўтказгичдан *1* секундда ажраладиган иссиқлик миқдори топилсин.

10.59. Бирининг қаршилиги R_1 *=360 ом* , иккинчисиники *240 ом* бўлган иккита лампочка тармоққа параллел уланган. Қайси лампочка кўпроқ ва неча марта ортиқ қувват олади ?

10.60. *К* калориметр қаршилиги R_1 *=60 ом* ли спиралга эга . R_1 қаршилик занжирга *38*-расмда кўрсатилгандек уланган . Амперметр *6 А* ни кўрсатса , калориметрдаги *480 г* сув *5 мин* давомида неча градусга исийди? Қаршилик R_2 *=30 ом* . Генератор ва амперметр қаршиликлари хамда иссиқлик исрофи ҳисобга олинмасин.

14-15-mavzu. Elektr tokining issiqlik ta'siri, Joul-Lents qonuni. Tok manbalari va ularning FIKiga oid masalalar yechish.

10.61. *3 гвт-соат* электр энергияси сарфлаб қанча сув қайнатиш мумкин ? Сувнинг бошланғич температураси 10^0 *С* . иссиқлик исрофи ҳисобга олинмасин.

10.62. 1) *1 л* сув *5 минут*да қайнайдиган бўлса , электр чойнагининг иситгичи неча ватт истеъмол қилади? 2) Тармоқ кучланиши *120 в* бўлса, иситгичнинг қаршилиги қанча бўлади? Сувнинг бошланғич температураси $13,5^0$ *С* . Иссиқликнинг исрофи ҳисобга олинмасин .

10.63. Қуввати *0.5 кВт* бўлган плита устида ичига *16* ^{0}*С* температурали *1л* сув қўйилган чойнак турибди . Чойнакдаги сув плита токка улангандан *20 мин* ўтгач қайнади. Бунда чойнакнинг исиши, нурланиш ва хоказо учун қанча иссиқлик йўқолган бўлади?

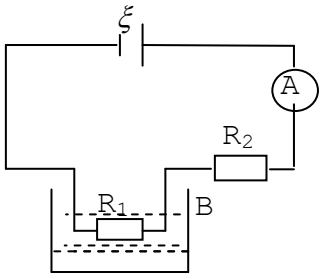
10.64. Электр кастрюлька ҳар бирининг қаршилиги *20 ом* бўлган иккита иситгич секциядан тузилган . Бошланғич температураси *16* ^{0}*С* бўлган *2.2 литр* сув ; 1)

битта секция уланганда , 2) иккала секция кетма-кет уланганда 3) иккала секция параллел уланганда қанча вақтда қайнайди? Тармоқ кучланиши *110 в* , иситгичнинг ф.и.к. *85 %*.

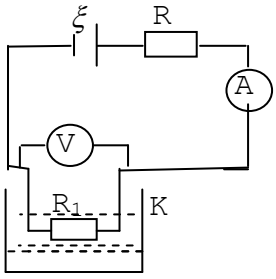
10.65. Электр чойнакнинг иккита чулғами бор . Чулғамлардан биттаси уланганда чойнакдаги сув *15* минутда , иккинчиси уланганда *30* минутда қайнайди . Иккала чулғам кетма-кет уланганда чойнакдаги сув қанча вақтда қайнайди ? параллел уланганда-чи?

10.66. *39*- расмдаги схемада э.ю.к. *120 в* бўлган ξ батарея , R_2 *=10 ом* қаршилик ҳамда *В* - электр чойнак берилган . Амперметр *2 А* ни кўрсатса , температураси 4^0C бўлган *0.5 л* сув қанча вақтда қайнайди? Батарея ва амперметрнинг қаршиликлари ҳисобга олинмасин чойнакнинг ф.и.к. *76 %* .

10.67. *40* расмдаги схемада э.ю.к. *110 в* бўлган ξ батарея ва *500 г* керосин солинган *К* калориметр берилган . Амперметр *2 А* ни , вольтметр 10,8 в ни кўрсатганда : 1) спиралнинг қаршилиги қанча бўлади? 2) агар R_1 спиралдан *5 мин* давомида ток ўтганида керосин 5^0C га исиса , керосиннинг солиштирма иссиқлик сиғими қанчага тенг? спиралдан ажралган иссиқликнинг *80* протценти киросинни иситишга сарифланган деб ҳисоблансин . 3) Реостатнинг қаршилиги *R* қанчага тенг ? Батарея ва амперметрнинг қаршиликлари ҳисобга олинмасин. вольтметрнинг қаршилиги чексиз катта деб ҳисоблансин.



39-



40-

10.68. Иситгич *23* ^0C температурадаги *4.5 л* сув сувни қайнатгунча *0,5 квт -соат* энергия сарфлаган. Иситгичнинг ф.и.к. топилсин.

10.69. Уй *120 в* кучланишли тармоққа уланган электр печка билан иситилади. Уй суткасига *20800 ккал* иссқлик йўқотади. Уйнинг температурасини бирдай сақлаш талаб қилинади. 1) Печканинг қаршилиги 2) печка иситгичини ясаш учун диаметри *1 мм* бўлган нихром симдан қанча метр олиш кераклиги ва 3) печканинг қуввати топилсин.

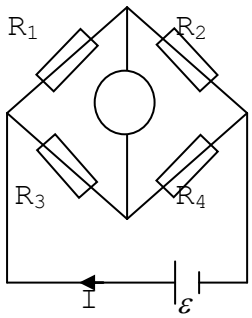
10.70. *1 л* сиғимга эга бўлган сувли термостатнинг температураси *26 Вт* қувватли иситгич ёрдамида ўзгармас холда сақланади, шу қувватнинг *80* процента сувни иситишга сарф бўлади . Иситгични узиб қўйилса, *10 минут*да термостатдаги сувнинг температураси қанча градусга пасаяди?

10.71. *120* вольтли иккита лампочка *0,5 А* ток истеъмол қилиб, ҳар куни *6* соатдан ёнади. Бундан ташқари кунда ф.и.к. *80%* бўлган иситгич бошланғич температураси 10^0 *С* бўлган *3 л* сувни қайнатади. *1 кВт-соат* энергия *4* тийин туради, бир ой *(30* кун) да сарфланган энергия учун тўланадиган пул ҳисоблансин.

10.72. Ўрамларнинг қаршилиги *16 ом* бўлган электр чойнакда 9^0 *С* ли *600* $см^3$ сув бўлиб, уни токдан узиб қўйиш унитилган. Қанча вақтдан кейин сув буғланиб кетади? Тармоқнинг кучланиши *120 В*, чойнакнинг ф.и.к. *60%*.

10.73. Симобли диффузион насосда ҳар минутда *100 г* симоб буғланади. Агар насос иситгичи *127 В* кучланишли тармоққа уланса, иситгичнинг қаршилиги қанчага тенг бўлиши керак? Симобнинг буғга айланиш иссиқлигини $2{,}96\cdot10^5$ *ж/кг* га тенг деб олинсин.

10.74. Кўндаланг кесимининг юзи $S_1 =$ *3* $мм^2$ бўлган мис симдан иборат занжирга кўндаланг кесимининг юзи $S_2 = 1$ $мм^2$ бўлган қўрғошин симдан сақлагич уланган. Бу сақлагич занжирида қисқа туташув бўлганда ўтказгичларнинг температураси қанча кўтарилиши учун мўлжалланган? Қисқа туташув туфайли кам вақтли процессда ажралган ҳамма иссиқлик занжирни иситишга кетади деб ҳисоблансин. Сақлагичнинг бошланғич температураси $t_0 = 17^0C$ га тенг.

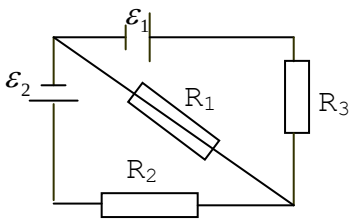


41-

10.75. Ток зичлиги *30* $А/см^2$ бўлганда бирлик ҳажмдаги мис симдан ҳар секундда ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдори топилсин.

10.76. Уитсон кўпригидаги (41-расм) генераторнинг э.ю.к. *2 В*, R_1= *30 ом*, R_2= *45 ом* ва R_3= *200 ом* . Гальванометрдан ўтаётган ток кучи нолга тенг. Ҳар бир миқдордаги ток кучи топилсин. Генераторнинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.77. *42-* расмдаги схемада бирининг э.ю.к. *2,1 В*, иккинчисиники *1,9 В* бўлган иккита элемент ҳамда



42-расм

R_1= *45 ом*, R_2= *10 ом* ва R_3= *10 ом* қаршиликлар берилган. Занжирнинг ҳамма қисмидаги ток кучи топилсин. Элементларнинг ички қаршилиги ҳисобга олинмасин.

10.78. Э.ю.к. лари $\varepsilon_1 = 1{,}4\,B$ ва $\varepsilon_2 = 1{,}2\,B$ ҳамда ички қаршиликлари $r_1 = 0{,}6$ *ом* ва $r_2 = 0{,}4\,ом$ бўлган иккита элемент ўзаро паралел уланган. Элементларнинг қисқичларидаги потенциаллар айирмаси топилсин.

10.79. *43*- расмдаги схемада ички қаршиликлари тегишлича $r_1 = 1$ *ом* ва $r_2 = 2\,ом$, ҳар бирининг э.ю.к.лари *2 В* дан бўлган иккита элемент ε_1 ва ε_2 берилган. ε_1 дан ўтаётган ток кучи *1 А* га тенг бўлса, ташқи *R* қаршилик қанчага тенг бўлади? ε_2 дан ўтаётган I_2 ток кучи топилсин. R қаршиликдан ўтаётган I_R ток кучи топилсин.

10.80. Олдинги масалани $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 4$ *В*, $r_1 = r_2 = 0{,}5$ *ом* ва $I_1 = 2\,A$ бўлган ҳол учун ечилсин.

16-mavzu. Aylanma tokning markazidagi va o'qida yotgan ixtiyoriy nuqtadagi magnit maydonni hisoblashga oid masalalar yechish.

11.1. *5 A* ток ўтаётган чексиз узун ўтказгичдан *2 см* узоқликдаги нуқтада магнит майдон кучланганлиги топилсин.

11.2. *1 A* ток ўтаётган, радиуси *1 см* бўлган доиравий сим ўрами марказидаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

11.3. *52-* расмдаги токли чексиз узунликдаги иккита тўғри ўтказгичнинг кесими тасвирланган. Ўтказгичлар AB оралиғи *10 см*, $I_1 = 20\,a$, $I_2 = 30\,a$, $M_1A = 2$ *см*, $M_2A = 4$ *см* ва $BM_3 = 3$ *см*. I_1 ва I_2 токларнинг M_1, M_2 ва M_3 нуқталарда ҳосил қилган магнит майдони кучланганлиги топилсин.

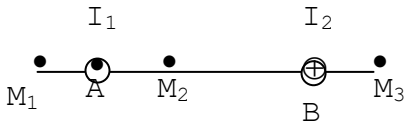
11.4. Олдинги масала токлар бир томонга йўналган ҳол учун ечилсин.

11.5. *53*-расмдаги токли чексиз узунликдаги учта тўғри ўтказгичнинг кесими тасвирланган. Оралиқлар *AB=BC =5 см*, $I_1 = I_2 = I,\ I_3 = 2I$. AC чизиқдаги I_1, I_2 *ва* I_3 токларнинг ҳосил қилган магнит майдон кучланганлиги нолга тенг бўлган нуқта топилсин.

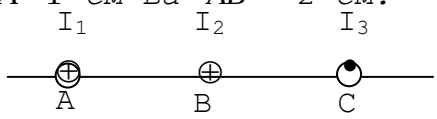
11.6. Олдинги масала учала ток бир томонга йўналган ҳол учун ечилсин.

11.7. Чексиз узунликдаги иккита тўғри ўтказгич бир- бирига тик равишда бир текисликда ётади. (54- расм). $I_1 = 2$ *A* ва $I_2 = 3$ *A* бўлганда M_1 ва M_2 нуқталардаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин. $M_1A = M_2A = 1$ *см*, $BM_1 = CM_2 = 2$ *см*.

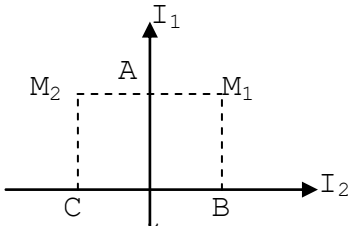
11.8. Чексиз узунликдаги иккита тўғри ўтказгич бир-бирига тик бўлиб, ўзаро тик текисликларда ётади (55- расм). $I_1 = 2$ *A* ва $I_2 = 3$ *A* бўлганда M_1 ва M_2 нуқталардаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин. $M_1A = M_2A = 1$ *см ва* $AB =$ *2 см*.



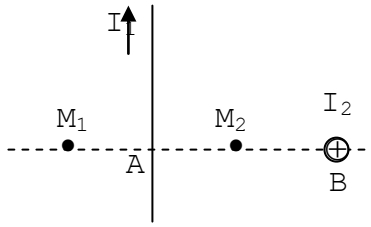
52-



53-



54-



55-расм

11.9. Иккита тўғри узун ўтказгич бир-биридан *10 см* узоқликда жойлашган. Ўтказгичлардан қарама-қарши йўналишда $I_1 = I_2 = 5A$ ток ўтмоқда. Ҳар бир ўтказгичдан *10 см* нарида турган нуқтадаги магнит майдони кучланганлигининг қиймати ва йўналиши топилсин.

11.10. Вертикал ҳолатда жойлашган ўтказгич бўйлаб юқоридан пастга $I = 8$ *A* ток ўтади. Ер ва ток магнит майдонлари қўшилишидан ҳосил бўлган майдоннинг кучланганлиги ўтказгичдан қандай *r* узоқликда юқорига вертикал йўналган бўлади? Ер майдонининг

горизонтал ташкил этувчиси $H_2 = 0{,}2$ э.

11.11. Токли тўғри ўтказгичнинг *AB* кесмаси ўртасига ўтказилган перпендикулярда *AB* кесмадан *5 см* узоқликда турган *C* нуқтадаги токли ўтказгич ҳосил қилган магнит майдонининг кучланганлиги ҳисоблансин. Ўтказгичдан *20 А* ток ўтади. *AB* кесма *C* нуқтадан 60^0 бурчак остида кўринади.

11.12. Олдинги масала ўтказгичдан ўтаётган ток кучи *30 А, AB* кесма *C* нуқтадан 90^0 бурчак остида кўринганда ва *C* нуқта кесма ўртасидан ўтказилган перпендикулярда *AB* кесмадан *6 см* узоқликда турган ҳол учун ечилсин.

11.13. Ток ўтаётган тўғри ўтказгич кесмасининг узунлиги *30 см*. шу ўтказгич ўртасидан ўтказилган перпендикулярда ётган нуқтадаги магнит майдони қандай узоқликда чексиз узунликдаги тўғри токнинг магнит майдони деб қараш мумкин? Бундай қарашда хатолик *5%* дан ортмаслиги лозим.

Кўрсатма. Қилинган хато $\delta = \dfrac{H_2 - H_1}{H_2}$. бунда H_1- ток ўтаётган ўтказгич кесмасидан узоқликдаги майдон, H_2 – чексиз узунликдаги тўғри ўтказгичдан узоқликдаги майдон.

11.14. Ток ўтаётган чексиз узунликдаги тўғри ўтказгичдан *5 см* узоқликда жойлашган *C* нуқтадаги магнит майдонининг кучланганлиги *400 А/м* га тенг. 1) Ўтказгичнинг қандай чекли узунлигида кучланганликнинг бу қиймати *2%* гача аниқликда тўғри бўлади? 2) Токли ўтказгичнинг узунлиги *20 см* бўлганда *C* нуқтадаги магнит майдон кучланганлиги қанчага тенг бўлади? *C* нуқта шу ўтказгич ўртасидан ўтказилган перпендикулярда жойлашган.

11.15. Тўғри бурчакли қилиб эгилган ўтказгичдан *20 А* ток ўтади. Бурчак учидан *10 см* нарида, бурчак биссектрисасида ётган нуқтадаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

11.16. Кўндаланг кесими $S = 1{,}0\ мм^2$ бўлган мис симдан қилинган ҳалқа орқали ўтаётган *20 А* ток ҳалқанинг марказида кучланганлиги *H=2,24* э га тенг магнит майдони ҳосил қилади. Ўтказгичнинг учлари қандай потенциаллар айирмасига уланганлиги топилсин.

11.17. Доиравий контур ўқида контур текислигидан *3 см* наридаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин. Контур радиуси *4 см* ва контурдаги ток *2 А* .

11.18. Радиуси *11 см* бўлган доиравий ўрам марказидаги магнит майдонининг кучланганлиги *0,8* э. Шу ўрам ўқида ўрам текислигидан *10 см* наридаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

11.19. Ҳар бирининг радиуси *4 см* бўлган иккита доиравий ўрам бир-биридан *0,1 м* узоқликдаги паралел текисликларда жойлашган. Ўрамлардан $I_1 = I_2 = 2$ *А* ток ўтаётир. Ўрамлар ўқида ва улардан тенг узоқликда турган нуқтадаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин. Масалани қуйидаги ҳоллар учун ечилсин: 1) Ўрамлардаги токлар бир хил йўналишда ўтаётир. 2) токлар қарама-қарши йўналишда ўтаётир.

11.20. Ҳар бирининг радиуси *4 см* бўлган иккита доиравий ўрам бир-биридан *5 см* узоқликдаги паралел текисликларда жойлашган. Ўрамлардан $I_1 = I_2 = 4$ *А* ток ўтаётир. Ўрамлардан бирининг марказидаги магнит майдони кучланганлиги топилсин. Масалани

қуйидаги ҳоллар учун ечилсин: 1) ўрамлардаги токлар бир хил йўналишда ўтаётир, 2) токлар қарама-қарши йўналишда ўтаётир.

11.21. Диаметри *10см* бўлган доиравий ўрамдан *10 А* ток ўтганда, шу ўрам ўқи бўйлаб магнит майдонининг кучланганлиги тақсимланиши аниқлансин. *x* нинг *0≤x≤10 см* интервалдаги ҳар *2 см* қийматида *H* қийматининг жадвали тузилсин ва тегишли масштабда график чизилсин.

11.22. Иккита доиравий ўрам бир - бирига тик бўлган иккита ўзаро перпендикуляр текисликларда жойлашиб, ўрамларнинг марказлари бир- бирига мос келади. Ҳар бир ўрамнинг радиуси *2 см* ва улардан ўтаётган ток кучи $I_1=I_2=$ *5 А.* Шу ўрамлар марказидаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

11.23. *1 м* симдан квадрат рамка ясалган. Бу рамкадан *10 А* ток ўтаётир. Шу рамка марказидаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

11.24. Доиравий сим ўрам марказида, ўрамлар учларидаги потенциаллар айирмаси *U* бўлганда , *H* магнит майдони ҳосил бўлади. Шу симдан радиуси икки марта катта қилиб ясалган ўрам марказида худди шундай магнит майдони кучланганлигини олиш учун , потенциаллар айирмасини қандай ўзгартириш керак?

11.25. Мунтазам кўп бурчак шаклидаги сим рамкадан *I = 2 А* ток ўтаётир. Шунда рамка марказида кучланганлиги *H=33 А/м* бўлган магнит майдони ҳосил бўлади . Рамка ясалган симнинг узунлиги L топилсин.

11.26. Чексиз узун ўтказгич ўзига уринма ҳолда доиравий сиртмоқ ҳосил қилади. Ўтказгич бўйлаб *5А* ток ўтмоқда. сиртмоқ марказидаги магнит майдонининг кучланганлиги *41 А/м* бўлганда радиуси қанча бўлади?

11.27. *30 см* узунликдаги ғалтак *1000* ўрамдан иборат. Ғалтакдан ўтаётган ток *2 А* га тенг бўлса, ғалтак ичидаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин. Ғалтак диаметрини унинг узунлигига нисбатан кичик деб ҳисоблансин.

11.28. Ғалтакка ўралган сим диаметри *0,8 мм* . Ўрамлар бир-бирига зич жойлашган. Ғалтакни етарли деб ҳисоблаб, ток кучи *1 А* бўлганда ғалтак ичидаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

11.29. Диаметри *1 мм* га тенг симдан ички магнит майдонининг кучланганлиги *300 э* бўлган соленоид ўраш керак . Симдан кўпи билан *6А* ток ўтади. Ўрамлар бир- бирига зич қилиб жойлаштирилса, соленоид неча қатламдан иборат бўлади? Ғалтак диаметрини узунлигига нисбатан кичик деб ҳисоблансин.

11.30. Узунлиги *20 см* ва диаметри *5см* бўлган соленоидда *12.6 э* га тенг бўлган магнит майдонининг кучланганлиги олиш керак. 1) Шу соленоиднинг ампер-ўрамлар сони, 2) ўрамлари *0,5 мм* диаметрли мис симдан қилинган бўлса, ўрамлар учларига қўйилган потенциаллар айирмаси топилсин. Соленоид майдонини бир жинсли деб ҳисоблансин.

17-18-mavzu. To'g'ri tokning atrofidagi ixtiyoriy nuqtadagi magnit maydon kuchlanganligini hisoblashga oid masalalar yechish Magnit maydon kuchlanganligini yo'nalishini aniqlashga oid masalalar yechish.

11.31. Ғалтак марказидаги магнит майдони кучланганлигини чексиз узун соленоиднинг майдон кучланганлиги формуласи бўйича топиш мумкин бўлиши учун, ғалтак узунлигининг унинг диаметрига бўлган нисбати қанчага тенг бўлиши керак ? Ҳисоблашда қилинган хато *5 %* дан ортмаслиги керак .

Кўрсатма. Қилинган хато $\delta\frac{H_2-H_1}{H_2}$, бунда H_2 – чексиз узун ғалтак ичидаги майдонининг кучланганлиги ва H_1 –чекли узунликдаги ғалтак ичидаги майдон кучланганлиги

11.32. *11.31*- масаладаги соленоидни чексиз узун деб қабул қилсак, соленоид марказидаги магнит майдонининг кучланганлиги топишда қанча хато қилган бўламиз?

11.33. Узунлиги *3 см* ва диаметри *2 см* бўлган соленоид ўқи бўйлаб магнит майдони кучланганлигининг тақсимланиши топилсин. Соленоиддан ўтаётган ток кучи *2 А*, ғалтак *100* ўрамга эга. *x* нинг $0 \le x \le 3$ *см* интервалдаги ҳар *0,5 см* қийматида Н қийматининг жадвали тузилсин ва тегишли масштабда график чизилсин.

11.34. 10^{-5} *ф* сиғимли конденсатор э.ю.к. *100 в* бўлган батареядан даврий равишда зарядланади ва ғалтак орқали разрядланади. Ғалтак ҳалқа шаклида бўлиб, ўрамлар сони *32* ва диаметри *20 см* , шу билан бирга, халқа текислиги магнит меридиани текислигида ётади. Ғалтакнинг марказига горизонтал жойлаштирилган магнит стрелкаси 45^0 бурчакка бурулган. Конденсатор секундига *100* марта узилиб – уланади. Тажрибанинг шу берилганлари орқали Ер магнит майдонининг кучланганлигининг горизонтал ташкил этувчиси топилсин .

11.35. Сиғими *10 мкф* бўлган конденсатор *120 в* потенциаллар айирмаси берувчи батареядан даврий равишда зарядланади ва *10 см* узунликдаги *200* ўрамли соленоид орқали разрядланади. соленоид ички магнит майдонининг кучланганлигининг ўртача қиймати *3,02* э. конденсатор секундига неча марта узулиб –уланади? соленоид диаметрини унинг узунлигига нисбатан кичик деб ҳисоблансин.

11.36. Кучланганлиги *1000* э бўлган бир жинсли магнит майдонида квадрат рамка жойлашган. Рамка текислиги майдон йўналиши билан 45^0 бурчак ҳосил қилади. Рамканинг томонлари *4 см*. Рамкадан ўтувчи магнит оқими топилсин.

11.37 Индуксияси *0,05 тл* бўлган магнит майдонида *1 м* узунликдаги стержень айланмоқда. Айланиш ўқи стерженнинг бир учидан ўтган булиб, у магнит майдоннинг куч чизиқларига параллел. Стерженнинг ҳар бир айланишида у билан кесишувчи магнит индуксиясининг оқими топилсин.

11.38. Юзи *16* $см^2$ бўлган рамка бир жинсли магнит майдонида *2 айл/сек* тезлик билан айланмоқда. Айланиш ўқи рамка текислигида бўлиб,
магнит майдоннинг куч чизиқларига тик жойлашган. Магнит майдонининг кучланганлиги $7{,}96 \cdot 10^4$ *А/м* 1) Рамкадан ўтувчи магнит оқимининг вақтга боғланиши, 2) магнит оқимининг энг катта қиймати топилсин.

11.39. Темирдан қилинган намуна кучланганлиги *10 э* бўлган магнит майдонига қўйилган. Темирнинг магнит кирувчанлиги топилсин.

11.40. Кичик диаметрли ва *30 см* узунликдаги соленоид ичида магнит майдон энергиясининг хажм зичлиги *1,75 ж/м*^{3} га тенг бўлиши учун ампер –ўрамлар сони қанча булиши керак?

11.41. Узунлиги *120 см* ва кўнгдаланг кесим юзи *3 см*^{2} бўлган темир ўзакли соленоидда *42000 мкс* магнит оқими ҳосил қилиш учун ундаги ампер –ўрамлар сони қанча бўлиши керак?

11.42. Тороид темир ўзагининг узунлиги *2,5 м* , ҳаво бўшлиғининг узунлиги *1 см* тороит ўрамларининг сони *1000* га тенг . Чулгамдан *20 а* ток ўтганда ҳаво бўшлиғидаги магнит майдон индукцияси *1,6 мл* га тенг. Шу шароитда темир ўзакнинг магнит киритувчанлиги аниқлансин. (Темирнинг бу нави учун *В* нинг *Н* га боғланиши маълум эмас.)

11.43. Тороит темир ўзагининг узунлиги *1 м*, ҳаво бўшлиғининг узунлиги *1 см*. ўзак кўндаланг кесимининг юзи *25 см* ^{2}. Шу шароитда ўзак материалининг магнит киритувчанлиги *800* га тенг бўлганда $1,4\cdot 10^5$*мкс* магнит оқими ҳосил килиш учун қанча ампер- ўрам кераклиги топилсин. (темирнинг бу онави учун *В* нинг *Н* га боглиниши маълум эмас .)

11.44. Ампер ўрамлар сони *1500* тенг бўлганда *20,9 см* узунликдаги тороитга ўрнатилган темир ўзакнинг магнит индукцияси аниклансин. Шу шароитдаги ўзак материалининг магнит киритувчанлиги топилсин .

11.45. Тороит темир ўзагининг узунлиги $L_2 = 1$ *м*, ҳаво бўшлиғининг узунлиги $l_1 = 3$*мм*. Тороит ўрамларининг сони *N =2000*. Чулғамлардан *I = 1 А* ток ўтганда ҳаво бўшлиғидаги магнит майдонининг кучланганлиги топилсин.

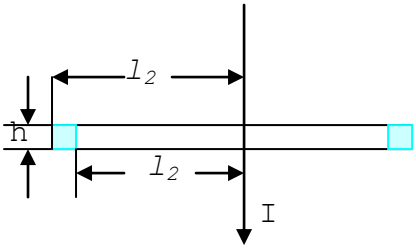
11.46. Тороид темир ўзагининг узунлиги *50 см*, ҳаво бўшлиғининг узунлиги *2 мм*. Тороид чулгамларининг ампер ўрамлар сони *2000*. Шу ампер- ўрам микдорида ҳаво бўшлиғининг узунлигини *2* марта ортирилганда ҳаво бўшлиғининг магнит майдони кучланганлиги қанча марта камаяди?

11.47. Узунлиги *25,1 см* ва диаметри *2 см* бўлган соленоид ичига темир ўзак жойлаштирилган соленоид ўрамларининг сони *200*. Ўзакли соленоид учун магнит оқими *Ф* нинг ток кучи *I* га боғланиш графиги чизилсин. Ток кучи ҳар бир ампер ораликда $0 \le I \le 5$ *А* интервалда олинсин. Ордината уки буйича $\Phi \cdot 10^4$ *вб* куйилсин .

11.48. Ўзаксиз соленоиддаги магнит индукциясининг оқими $5\cdot 10^{-6}$ *вб*. Соленоиднинг узунлиги *25 см* бўлганда шу соленоидонинг магнит майдони топилсин.

11.49. Темир ҳалқа марказдан унинг текислигига тик равишда узун тўғри сим ўтказилган бўлиб, симдан *25 А* ток ўтади. Ҳалқа кесими тўрт бурчак шаклида булиб. ўлчамлари l_1 *=18 мм* , l_2*= 22 мм* ва *h = 5 мм* (56- расм). ҳалқа кесимининг исталган нуқтасидаги индукцияни тахминан бир хил ва ўрта чизиқдаги индукцияга тенг деб ҳисоблаб, ҳалқа юзидан ўтувчи *Ф* магнит оқими топилсин.

11.50. Олдинги масаладаги темир ҳалқа кесимининг турли нуқтасида магнит майдони турли хил бўлади деб ҳисоблаб, шу ҳалқа кесимидан ўтувчи *Ф* магнит оқими топилсин. μ нинг қийматини ўзгармас деб ҳисоблаб, уни ҳалқанинг ўрта чизиқдаги *H* қиймати *B=f(H)* эгри чизиқ графигидан топилсин.



56-расм

11.51. *50 см* узунликдаги берк темир ўзакнинг чулғами *1000* ўрамдан иборат. Чулғамдан *1 А* ток ўтади. Ўзак олиб ташлангандан кейин индукция ўзгармай қолиши учун чулғамга қанча ток берилиши керак?

11.52. *50,2 см* узунликдаги темир чулғами *20* ўрамга эга. Ҳаво бўшлиғининг узунлиги *0,1 см*. бўшлиқда *1,2 вб/м*^{2} индукция олиш учун чулғамдан қанча ток ўтиши керак?

11.53. Ўртача диаметри *11,4 см* бўлган темир ҳалқада *200* ўрам бор бўлиб, ундан *5 А* ток ўтади. 1) Агар ҳалқадан *1 мм* кенгликдаги қисми қирқиб олинса, ўзакда индукция аввалгидек, яъни ўзгармай қолиши учун чулғамдан қанча ток ўтказиш керак? 2) Шу шароитдаги ўзак материалининг магнит киритувчанлиги топилсин.

11.54. Қутублар орасидаги бўшлиқда магнит майдон индукцияси *1400 тс* га тенг бўлган электромагнит ясаш керак. темир ўзакнинг узунлиги *40 см*, қутублар орасидаги бўшлиқ узунлиги *1 см*, ўзакнинг диаметри *5 см*. 1) агар ўрамлар кўндаланг кесими *1 мм*^{2} бўлган мис симдан қилинган бўлса, керакли магнит майдонни ҳосил қилиш учун чулғамдаги э.ю.к. қанча бўлиши керак? 2) Ўтиши мумкин бўлган ток зичлиги *3 А/мм*^{2} бўлса, ўрам қалинлиги ками билан қандай бўлади?

11.55. Электромагнит қутублари орасида индукцияси *1000 тс* бўлган бир жинсли магнит майдони ҳосил бўлади. Майдон куч чизиқларига тик ўрнатилган *70 см* узунликдаги симдан *70 А* ток ўтади. Симга таъсир қилувчи куч топилсин.

11.56. Иккита тўғри узун ўтказгич бир-биридан *10 см* узоқликда жойлашган. Ўтказгичлардан бир хил йўналишда

$I_1 = 20$ *А* ва $I_2 =$ *30 А* ток ўтади. Ўтказгичларни *20 см* узоқликкача силжитишда (ўтказгичнинг узунлик бирлиги учун) қанча иш бажарилади?

11.57. Иккита тўғри узун ўтказгич бир-биридан бирор узуқликда жойлашган. Ўтказгичлардан миқдор ва йўналишлари бир хил бўлган токлар ўтади. Агар ўтказгичлар оралиғини икки марта орттиришда (ўтказгичнинг узунлик бирлиги учун) бажарилган иш *5,5 эрг/см* га тенг бўлса, ҳар бир ўтказгичдан ўтаётган ток кучи топилсин.

11.58. *20 см* узуоқликдаги симдан 1) квадрат, 2) доира шаклида контур ясалган. Индукцияси *1000 тс* бўлган бир жинсли магнит майдонига жойлаштирилган контурларнинг ҳар бирига таъсир этувчи кучларнинг айлантириш моменти топилсин. Контурлардан *2 А* ток ўтади. Ҳар бир контур текислиги магнит майдони йўналиши билан 45^0 бурчак ташкил қилади.

11.59. Кўндаланг кесимининг юзи *1* $мм^2$ бўлаган алюминий сим магнит меридианга тик бўлган горизонтал текисликка осилган ва у орқали (ғарбдан шарққа) *1,6 А* ток ўтмоқда. 1) Ер майдонининг симга таъсир қилувчи кучи сим оғирлигининг қанча қисмини ташкил қилади? 2) шу куч таъсирида *1 м* симнинг оғирлиги қанча камаяди? Ер магнит майдонининг горизонтал ташкил этувчиси *0,2 э.*

11.60. Бўйи *3 см* ва эни *2 см* бўлган тўғри бурчакли каркасга ўралган ингичка симдан иборат (*400* ўрамли) гальванометр ғалтаги индукцияси *1000 тс* бўлган магнит майдонга осилган. Ғалтакдан 10^{-7} *А* ток ўтади. Ғалтак текислиги: 1) магнит майдони йўналишига паралел ва 2) магнит майдони йўналишига 60^0 бурчак остида турганда гальванометр ғалтагига таъсир этадиган айлантирувчи момент топилсин.

19-20-mavzu. Solenoid magnit maydon kuchlanganligini hisoblashga oid masalalar yechish. Toriod magnit maydon kuchlanganligini hisoblash. Elektr va maydonlarida zaryadlangan zarrachalarning harakatiga oid masalalar yechish.

11.61. Вертикал ҳолатда турган узун тўғри симдан *20 см* нарида узунлиги *10 см* ва диаметри *0,1 мм* бўлган ингичка ипга магнит моменти 10^{-2} *А·м*^{2} га тенг бўлган қисқа магнит стрелкаси осилган. Стрелка сим ва ипдан ўтган текисликда ётади. Симдан *30 А* ток ўтганда стрелка қандай бурчакка бурилади? Ип материалининг силжиш модули *600 кГ/мм*^{2}. Система Ер магнит майдонида тўсиқ орқали ажратилган.

11.62. *600* ўрамли гальванометр ғалтаги узунлиги *10 см* ва диаметри *0,1 мм* бўлган ип билан кучланганлиги $16\cdot10^4$ *А/м* бўлган магнит майдонига осилган. Чулғам текислиги магнит майдонининг йўналишига паралел. Ғалтак рамкасининг бўйи $a=$ *2,2 см*, эни $b=$ *1,9 см*. Агар ғалтак $0{,}5^0$ га бурилган бўлса, чулғамдан қанча ток ўтади? Ип материалининг силжиш модули *600 кГ/мм*^{2}.

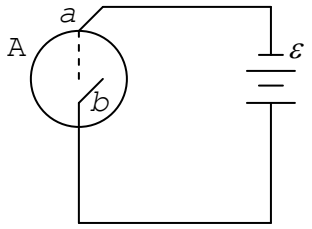
11.63. Квадрат рамка симга шундай осилганки, магнит майдонининг куч чизиқлари рамка текислигига ўтказилган нормал билан 90^0 бурчак ташкил қилади. Рамканинг томонлари *1 см*. Майдоннинг магнит индукцияси $1{,}37\cdot10^{-2}$ *тл*. Рамка бўйлаб $I=$ *1 А* ток ўтганда, у 1^0 бурчакка бурилади. Симнинг силжиш модули топилсин. Симнинг

узунлиги *10 см*, ипнинг радиуси *0,1 мм*.

11.64. Доиравий контур текислиги магнит майдонига, майдон куч чизиқлари билан 90^0 бурчак ташкил этадиган қилиб ўрнатилган. Магнит майдонининг кучланганлиги *2000 э*. Контурнинг радиуси *2 ом* бўлиб, ундан *2 А* ток ўтади. Контурни контур диаметрига мос келувчи ўқ атрофида 90^0 га буриш учун қанча иш бажариш керак?

11.65. Индукцияси $0,5$ *вб/м*^{2} бўлган магнит майдонида *10 см* узунликдаги ўтказгич текис ҳаракат қилади. Ўтказгичдан *2 А* ток ўтади. Ўтказгичнинг ҳаракат тезлиги *20 см/сек* ва магнит майдони йўналишига тик йўналган. 1) Ўтказгич *10* секунд давомида ҳаракат қилгандаги бажарган иши ва 2) шу ҳаракатга сарфланган қувват топилсин.

11.66. *57*- расмда радиуси $r=5$ *см* бўлган мис диск *А* тасвирланган. Диск текислиги магнит майдони йўналишига тик ҳолда туради. Магнит майдонининг индукцияси $B=0,2$ *тл*. Дискнинг ab радиуси орқали (*a* ва *b* сирпанувчан контактлар) $I=5A$ ток ўтади. Диск $\nu=3$ *айл/сек* частота билан айланади. 1) шундай двигателнинг қуввати, 2) магнит майдони расм текислигидан биз томонга йўналган шароитда дискнинг айланиш йўналиши, 3) дискка таъсир этадиган айлантиручи момент топилсин.



57-расм

11.67. *0,35 кг* массали бир жинсли мис диск *А* (57-расмга қаранг) текислиги майдон куч чизиқларига тик ҳолда индукцияси $2,4\cdot10^{-2}$ *тл* бўлган магнит майдонида жойлашган. aba занжирини токка уланганда диск айлана бошлайди ва *30 сек* ўтгандан сўнг *5 айл/сек* тезликка эришади. Занжирдаги ток кучи топилсин.

11.68. *А* дискнинг *ab* радиуси билан бир минут айланиш давомида кесишган магнит индукциясининг оқими топилсин. Дискнинг радиуси $r=10$см. Магнит майдон индукцияси $B=0,1$ *тл*. Диск *5,3 айл/сек* тезлик билан айланади.

11.69. *1000 В* потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган электрон ҳаракати йўналишига перпендикуляр бўлган бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Магнит майдонининг индукцияси $1,19\cdot10^{-3}$ *тл*. 1) Электрон траекториясининг эгрилик радиуси, 2) электроннинг айлана бўйлаб айланиш даври, 3) электрон ҳаракат миқдорининг моменти топилсин.

11.70. *300 В* потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган электрон *4 мм* узоқликдаги тўғри узун

симга паралел равишда ҳаракатланади. Симдан *5 А* ток ўтса, электронга қандай куч таъсир этади?

11.71. *1 Мв* потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган α- заррачалар (гелий атоми ядролари) оқими кучланганлиги *15000 э* бўлган бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Ҳар бир заррачанинг тезлиги магнит майдон йўналишига тик йўналган. Ҳар бир заррачага таъсир этувчи куч топилсин.

11.72. Электрон магнит майдонига унинг куч чизиқларига тик учиб киради. Электроннинг тезлиги $\vartheta = 4 \cdot 10^7$ *м/сек*. Магнит майдонининг индукцияси 10^{-3} *тл*. Магнит майдонида электроннинг тангенциал ва нормал тезланиши қанчага тенг бўлади?

11.73. Индукцияси 10^4 *тс* бўлган магнит майдонида *60 см* радиусли айлана ёйи бўйлаб ҳаракатланаётган протоннинг кинетик энергияси топилсин.

11.74. Бир хил тезлик билан ҳаракатланган протон ва электрон бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Протон траекториясининг эгрилик радиуси R_1 электрон траекториясининг эгрилик радиуси R_2 дан қанча катта бўлади?

11.75. Бир хил потенциаллар айирмаси билан тезлаштирилган протон ва электрон бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Протон траекториясининг эгрилик радиуси R_1 электрон траекториясининг эгрилик радиуси R_2 дан қанча катта бўлади?

11.76. Магнит майдонига жойлашган Вильсон камерасида олинган фотографияда электроннинг траекторияси *10 см* радиусли айлана ёйини кўрсатади. Магнит майдонининг индукцияси 10^{-2} *тл*. Электрон энергиясини электроновольтда чиқарилсин.

11.77. Зарядли заррача айлана бўйлаб 10^6 *м/сек* тезлик билан магнит майдонида ҳаракат қилади. Магнит майдонининг индукцияси *0,3 тл*. Айлананинг радиуси *4 см*. заррачанинг энергияси *12 кэв* га тенг бўлганда унинг заряди топилсин.

11.78. Протон ва α - заррача бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Заррачалар тезлиги майдон куч чизиқларига тик йўналган. Магнит майдонида протоннинг айланиш даври α - заррачанинг айланиш давридан қанча марта катта?

11.79. Кинетик энергияси *500 эв* бўлган α - заррача унинг ҳаракат тезлигига тик бўлган бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Магнит майдонининг индукцияси

1000 гс. 1) Заррачага таъсир қилувчи куч, 2) заррача ҳаракат қилаётган айлананинг радиуси ва 3) заррачанинг айланиш даври топилсин.

11.80. Ҳаракат миқдорининг моменти $1,33\cdot10^{-22}$ *кг·м²/сек* бўлган α - заррача унинг ҳаракат тезлигига тик бўлган бир жинсли магнит майдонига учиб киради. Магнит майдонининг индукцияси $2,5\cdot10^{-2}$ *тл*. α - заррачанинг кинетик энергияси топилсин.

21-mavzu. Magnit maydonida tokli o'tkazgichning ko'chish ishi. Elektromagnit induktsiya va o'zinduktsiya hodisalari. Induktivliklarni hisoblashni xususiy

hollari. Doimiy magnit maydonga oid masalalar yechish.

11.90. Қалинлиги $a = 0{,}5$ *мм* ва баландлиги $b = 10$*мм* бўлган мис пластинканинг $S = ab$ кесимидан $I = 20$ *А* ток ўтади. Пластинкани b қиррасига ва ток йўналишига тик бўлган магнит майдонига жойлаштирилса, кўндаланг потенциаллар айирмаси $U = 3{,}1 \cdot 10^{-6}$ *В* ҳосил бўлади. магнит майдони индукцияси $B = 1$ *тл*. 1) Мисдаги ўтказувчанликнинг электронлар концентрацияси, 2) шу шароитда уларнинг ўртача тезлиги топилсин.

11.91. Алюминий пластинканинг $S = ab$ кесимидан (a – пластинканинг қалинлиги, b – унинг баландлиги) $I = 5A$ ток ўтмоқда. Пластинка b қиррасига ва ток йўналишига тик бўлган магнит майдонига жойлашган. Магнит индукцияси $B = 0{,}5$ *тл* ва пластинка қалинлиги $a = 0{,}1$ *мм* бўлганда, ҳосил бўлган кўндаланг потенциаллар айирмаси топилсин. Ўтказувчанликнинг электронлар концентрациясини атомлар концентрациясига тенг деб ҳисоблансин.

11.92. $a = 0{,}2$ *мм* қалинликдаги яримўтказгич пластинка a бўйлаб йўналган магнит майдонига жойлашган. Яримўтказгичнинг солиштирма қаршилиги $\rho = 10^{-5}$ *ом·м* ва магнит майдони индукцияси $B = 1$ *тл*. Майдонга тик равишда пластинка бўйлаб $I = 0{,}1$ *А* ток берилган. Натижада $U = 3{,}25 \cdot 10^{-3}$ *В* кўндаланг потенциаллар айирмаси ҳосил бўлади. Яримўтказгичдаги заррачаларнинг ҳаракатчанлиги аниқлансин.

11.93. Индукцияси *0,1 тл* бўлган бир жинсли магнит майдонида *10 см* узунликдаги ўтказгич майдонга тик йўналишда *15 м/сек* тезлик билан ҳаракат қилади. Ўтказгичдаги индукцияланган э.ю.к. топилсин.

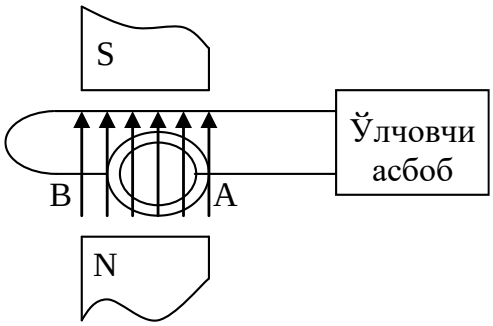
11.94. Диаметри *10 см* бўлган *500* ўрамли ғалтак магнит майдонида турибди. Магнит майдонининг индукцияси *0,1 сек* давомида *0* дан *2 вб/м*^{2} гача кўпайганда ғалтакдаги индукция э.ю.к. нинг ўртача қиймати қанча бўлади?

11.95. Реактив двигателли самолётнинг тезлиги *950 км/соат*. Агар Ер магнит майдони кучланганлигининг вертикал ташкил этувчиси *0,5 э.* ва самолёт қанотиниинг қулочи *12,5 м* бўлса, самолёт қанотларининг учида ҳосил бўлувчи индукция э.ю.к. топилсин.

11.96. Индукцияси *500 гс* бўлган магнит майдонида *1 м* узунликдаги стержень *20 рад/сек* га тенг ўзгармас бурчак тезлик билан айланмоқда. Айланиш ўқи стержень учидан ўтади ва магнит майдони куч чизиқларига параллел ҳолда туради. Стержень учларида ҳосил бўлган индукция

э.ю.к. топилсин.

11.97. *59*- расмда суюқликнинг электромагнит расходмери иш принципини тасвирловчи схема берилган. Суюқлик оқаётган трубопровод магнит майдонига жойлашган. *А* ва *В* электродларда индукция э.ю.к. ҳосил бўлади. Магнит майдони индукцияси *100 гс* электродлар оралиғи (трубопроводнинг ички диаметри) *50 мм* ва бунда ҳосил бўлган э.ю.к. *0,25 мВ*. Трубопроводдаги суюқликнинг оқиш тезлиги топилсин.



59- расм

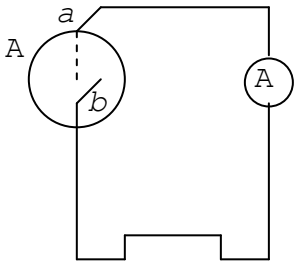
11.98. Индукцияси *1 вб/м*^{2} бўлган магнит майдонига юзи *100 см*^{2} бўлган доиравий сим ўрами жойлаштирилган ўрам текислиги магнит майдони йўналишига тик. Майдон *0,01* секунд давомида узиб қўйилса, ўрамда ҳосил бўлган индукция э.ю.к. нинг ўртача қиймати қанча бўлади?

11.99. Индукцияси *1000 гс* бўлган бир жинсли магнит майдонида *100* ўрамдан иборат ғалтак *5 айл/сек* тезлик билан текис айланади. Унинг кўндаланг кесими *100 см*^{2} . айланиш ўқи ғалтак ўқига ва магнит майдони йўналишига тик. Айланаётган ғалтакдаги максимал индукция э.ю.к. топилсин.

11.100. Рамка индукцияси *0,8 тл* бўлган бир жинсли магнит майдонида *15 рад/сек* бурчак тезлик билан айланади. Рамканинг юзи *150 см*^{2}. Айланиш ўқи рамка текислигида бўлиб, магнит майдони куч чизиқлари йўналиши билан 30^0 бурчак ҳосил қилади. Айланаётган рамкадаги максимал индукция э.ю.к. топилсин.

11.101. *60*- расмда радиуси *5 см* бўлган мис диск *А* тасвирланган. Унинг текислиги магнит майдони йўналишига тик, *a* ва *b* сирпанувчи контактлар бўлиб, *aba* занжирдан ток ўтиши мумкин. Магнит майдони индукцияси *2000 тс*. Диск *3 айл/сек* тезлик билан ҳаракатланади. Шундай генераторнинг э.ю.к. топилсин. Магнит майдони биздан чизмага томон йўналгандаги ва диск соат стрелкасига тескари айлангандаги электр токининг йўналиши кўрсатилсин.

11.102. *1 м* узунликдаги горизонтал стержень унинг бир учидан ўтган ўқ атрофида айланаётир. Айланиш ўқи индукцияси $5\cdot10^{-5}$ *тл* бўлган магнит майдони куч чизиқларига параллел. Стержень секундига неча марта айланганда



60-расм

унинг учларидаги потенциаллар айирмаси *1 мВ* га тенг бўлади?

11.103. Узунлиги *20 см* ва кўндаланг кесимининг юзи *30 см*^{2} бўлган соленоидга сим ўрами кийгизилган. Соленоид *320* ўрамга эга, ундан *3 А* ток ўтади. Соленоиддаги ток *0,001 сек* давомида узилса, кийгизилган ўрамда ўртача қанча э.ю.к. индукцияланади?

11.104. Олдинги масалада кўрилган соленоидда темир ўзак бўлса, симдаги индукцияланган ўртача э.ю.к. қанчага тенг бўлади?

11.105. Узунлиги *144 см* ва диаметри *5 см* бўлган соленоидга сим ўрами кийгизилган. Соленоид чулғами *2000* ўрамга эга, ундан *2 А* ток ўтади. Соленоидга темир ўзак қўйилган. Соленоиддаги ток *0,002* секунд давомида узилса, кийгизилган ўрамда ўртача қанча э.ю.к. индукцияланади.

11.106. Индукцияси *0,1 тл* бўлган магнит майдонида *200* ўрам ғалтак айланмоқда. Ғалтакнинг айланиш ўқи унинг ўқига перпндикуляр ва магнит майдон йўналишида йўналган. Ғалтакнинг айланиш даври *0,2* секунд, ғалтак кўндаланг кесимининг юзи *4 см*^{2} . Айланувчи ғалтакдаги максимал индукция э.ю.к. топилсин.

11.107. Ўрамларининг сони *400* бўлган ғалтакнинг узунлиги *20 см* ва кўндаланг кесимининг юзи *9 см*^{2}. 1) ғалтакнинг индуктивлиги ва 2) шу ғалтак ичига темир ўзак киритилгандаги униинг индуктивлиги топилсин. Шу шароитдаги ўзак материалининг магнит киритувчанлиги *400* га тенг.

11.108. Соленоид чулғами кўндаланг кесими $S =$ *1 мм*^{2} бўлган *N* та сим ўрамдан иборат. Соленоиднинг узунлиги $l = 25$ *см* ва унинг қаршилиги $R = 0{,}2$ *ом.* Соленоиднинг индуктивлиги топилсин.

11.109. Узунлиги *20 см* ва диаметри *3 см* бўлган ғалтак *400* ўрамга эга. Ғалтакдан *2 А* ток ўтади. 1) ғалтакнинг индуктивлиги ва 2) ғалтакнинг кўндаланг кесимидан ўтаётган магнит оқими топилсин.

11.110. Индуктивлиги *0,001 гн* бўлган бир қаватли ғалтакдаги сим чулғамининг ўрамлари сони қанча? Ғалтакнинг диаметри *4 см*, симнинг диаметри *0,6 мм*, ўрамлар зич жойлашган.

11.111. Темир ўзакли ғалтакнинг кўндаланг кесими *20 см*^{2} бўлиб, унинг *500* ўрами бор. Ўзакли ғалтак чулғамида *5 А* ток ўтганда ғалтакнинг индуктивлиги *0,28 гн* га тенг бўлади. шу шароитда темир ўзакнинг магнит киритувчанлиги топилсин.

11.112. Узунлиги *50 см* ва кўндаланг кесимининг юзи *2 см*^{2} бўлган соленоид $2\cdot10^{-7}$ *гн* индуктивликка эга. Соленоид ичидаги магнит майдонининг энергиясининг ҳажм зичлиги 10^{-3} *ж/м*^{3} бўлиши учун соленоиддан қанча ток ўтиши керак?

11.113. I=*1А* ток ўтганда индуктивлиги $L = 0{,}001$ *гн* бўлган ғалтакни кесиб ўтувчи магнит оқими *Ф=200 мкс* бўлса, ғалтакдаги ўрамлар сони қанча бўлади?

11.114. Темир ўзакли соленоид кўндаланг кесимининг юзи *10 см*^{2}. 1) Шу кесим юзини кесиб ўтувчи магнит оқими $1{,}4\cdot10^{-3}$ *вб* га тенг бўлган ҳолда ўзак материалининг магнит киритувчанлиги топилсин. 2) Шу ҳолда соленоиднинг индуктивлиги *0,44 гн* га тенг бўлса, берилган магнит оқими соленоиддан ўтувчи қандай ток кучига мос келиши топилсин. Соленоид узунлиги *1 м*.

11.115. Узунлиги *50 см* бўлган соленоид ичига $B = f(H)$ боғланиши номаълум бўлган темир навидан ўзак қуйилган. Соленоиднинг узунлик бирлигидаги ўрамлар сони *400* га тенг, соленоид кўндаланг кесимининг юзи *10 см*^{2}. 1) соленоид чулғамидан *5 А* ток ўтгандаги ўзакнинг магнит киритувчанлиги топилсин. Шу шароитда ўзакли соленоид кўндаланг кесимининг юзидан кесиб ўтувчи магнит оқими $1{,}6\cdot10^{-3}$ *вб* га тенглиги маълум. 2) шу шароитда соленоид индуктивлиги топилсин.

11.116. Темир ўзакли, узунлиги *50 см*, кўндаланг кесимининг юзи *10 см*^{2} ва ўрамлар сони *1000* бўлган соленоид берилган. Соленоид чулғамидан 1) $I_1 = 0{,}1$ *А* , *2)* $I_2 = 0{,}2$ *А* ва *3)* $I_3 = 2$ *А* ток ўтгандаги унинг индуктивлиги топилсин.

11.117. Иккита ғалтак битта умумий ўзакка ўралган. Биринчи ғалтакнинг индуктивлиги *0,2 гн*, иккинчисиники эса *0,8 гн*. Иккинчи ғалтакнинг қаршилиги *600 ом*. Биринчи ғалтакдан ўтаётган *0,3 А* токни *0,001* секунд давомида узиб қўйилса, иккинчи ғалтакдан қанча ток ўтади?

11.118. Мис симдан қилинган квадрат рамка индукция *0,1 тл* бўлган магнит майдонига жойлаштирилган. Сим кўндаланг кесимининг юзи *1 мм*^{2}, рамка юзи *25 см*^{2}, рамка текислигига тушган нормал майдон куч чизиқлари бўйлаб йўналган. Магнит майдони йўқолишида рамка контуридан қанча электр миқдори ўтади?

11.119. Индукцияси *500 гс* бўлган магнит майдонида *200* ўрамли ғалтак жойлашган. Ғалтакнинг қаршилиги *40 ом*, кўндаланг кесимининг юзи *12 см*^{2} , ўқи магнит майдон йўналиши билан 60^0 бурчак ҳосил қилади. Магнит майдони

йўқолишида ғалтак бўйлаб қанча электр миқдори ўтади?

11.120. Индукцияси *0,2 вб/м*^{2} бўлган бир жинсли магнит майдонига радиуси *2 см* бўлган доиравий контур жойлаштирилган. Контур текислиги магнит майдонига тик бўлиб, қаршилиги *1 ом*. Ғалтак *90*^{0} га бурилганда ундан қанча электр миқдори ўтади?

22-23-mavzu. Erkin elektr tebranishlarga oid masalalar yechish. Tebranish konturlarining davri va chastotasiga oid masalalar yechish.

14.1. Тебраниш контури *800 СГСс* сиғимли конденсатор ҳамда *2·10*$^{-3}$ *Гн* , индуктивликка эга ғалтакдан иборат. Контур қандай тўлқин узунликка созланган? Контур қаршилиги ҳисобга олинмасин.

14.2. Индуктивлиги *2·10*$^{-3}$ *Гн*, сиғими *62* дан *480 СГСс*

гача ўзгара оладиган тебраниш контурини қандай тўлқин диапазонига созлаш мумкин? Контурнинг қаршилиги ниҳоятда оз.

14.3. *2 мкф* сиғимда *1000 гц* товуш частотасини олиш учун тебраниш контурига қандай индуктивлик улаш керак? контур қаршилиги ҳисобга олинмасин.

14.4. Индуктивлиги $L=3\cdot10^{-5}$ *Гн* бўлган ғалтак пластинкаларининг сатҳи $S=10$ *см*^{2} ва улар оралиқлари $d=$ *0,1 мм* бўлган ясси конденсаторга уланган. Агар контур *750 м* узунликдаги тўлқинга резонанслашса, пластинкалар оралиғини тўлдирувчи муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги нимага тенг?

14.5. Тебраниш контури *0,025 мкф* сиғимли контурдан ҳамда *1,015 Гн* индуктивликка эга ғалтакдан иборат. Занжирнинг ом қаршилигини ҳисобга олмаймиз. Конденсатор $2{,}5\cdot10^{-6}$ *к* электр миқдори билан зарядланган. 1) бу тебранма контур учун конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг (сонли коэффицентлар билан) ва занжирдаги ток кучининг вақтга боғлиқ равишда ўзгариш тенгламаси ёзилсин. 2) $\frac{T}{8}, \frac{T}{4}, ва\ \frac{T}{2}$ сек га тенг вақтдаги конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг қиймати ва занжирдаги ток кучи топилсин. 3) Бир давр чегарасида бу боғланишларнинг графиклари чизилсин.

14.6. Олдинги масаладаги тебраниш контури учун: 1) электр майдонининг энергияси, магнит майдон энергияси ва тўла энергиянинг вақтга қараб ўзгариш тенгламалари (сон коэффицентлари билан) ёзилсин, 2) $\frac{T}{8}, \frac{T}{4}, ва\ \frac{T}{2}$ сек га тенг вақтдаги электр майдони энергияси, магнит майдони энергияси ва тўла энергия қийматлари топилсин. 3) бир давр чегарасида бу боғланишларнинг графиклари чизилсин.

14.7. Тебраниш контури конденсатори қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг вақтга қараб ўзгариш тенгламаси $U=50\cos10^4\pi t$ В кўринишида берилган. Конденсаторнинг сиғими 10^{-7} *ф* га тенг. 1) тебраниш даври, 2) контур индуктивлиги, 3) вақт бўйича занжирдаги ток кучининг ўзгариш қонуни, 4) шу контурга мувофиқ келувчи тўлқин узунлиги топилсин.

14.8. Тебраниш контуридаги ток кучининг вақт бўйича ўзгариш тенгламаси қуйидаги кўринишда берилган: $I=-0{,}02\sin400\pi t$ А. Контурнинг индуктивлиги *1 Гн*. 1) Тебраниш даври, 2) контур сиғими, 3) конденсатор

қопламаларидаги максимал потенциаллар айирмаси, 4) магнит майдонининг максимал энергияси, 5) электр майдонининг максимал энергияси топилсин.

14.9. $\frac{T}{8}$ сек вақт пайти учун тебраниш контури магнит майдон энергиясининг электр майдон энергиясига нисбати нимага тенг?

14.10. Тебраниш контури *7 мкф* сиғимли конденсатор ҳамда индуктивлиги *0,23 Гн* ва қаршилиги *40 ом* бўлган ғалтакдан иборат. Конденсатор $5,6\cdot10^{-4}$ *к* электр миқдори билан зарядланган. 1) Контурнинг тебраниш даври топилсин. 2) Тебранишнинг сўниш логарифмик декременти аниқлансин. 3) конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг ўзгаришини вақтга боғланиш тенгламаси ёзилсин. 4) $\frac{T}{2}, T, \frac{3}{2}T$ *ва* $2T$ сек га тенг вақт пайтида потенциаллар айирмасининг қиймати топилсин. Икки давр чегарасида $U = f(t)$ графиги чизилсин.

14.11. Тебраниш контури *0,2 мкф* сиғимли конденсатор ва $5,07\cdot10^{-3}$ *Гн* индуктивликли ғалтакдан иборат. 1) Конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси қандай сўниш логарифмик декрементида 10^{-3}*сек* ичида уч баробар камайиб кетади. 2) Бунда контур қаршилиги қанчага тенг?

14.12. Тебраниш контури 10^{-2} *Гн* индуктивлик, *0,405 мкф* сиғим ва *2 ом* қаршиликдан иборат. Бир даврда конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси неча марта камайиши топилсин.

14.13. Тебраниш контури $C=2,22\cdot10^{-9}$ *Ф* сиғимли конденсатор ва *0,5 мм* диаметрли мис симдан ўралган ғалтакдан иборат. Ғалтакнинг узунлиги 20 см. тебранишнинг сўниш логарифмик декременти топилсин.

14.14. Тебраниш контури $1,1\cdot10^{-9}$ *ф* сиғимга ва $5\cdot10^{-3}$ *Гн* индуктивликка эга. Сўниш логарифмик декременти *0,005* га тенг. Сўниш туфайли контурнинг *99%* энергияси қанча вақтда йўқолади?

14.15. Тебраниш контури конденсатор ва кўндаланг кесимининг юзи $S=0,1$ *мм*^{2} бўлган мис симдан ўралган узун ғалтакдан иборат. Ғалтакнинг узунлиги *l=40 см* . Контурнинг тебраниш даврини $T = 2\pi\sqrt{LC}$ тахминий формула бўйича ҳисоблаб чиқаришда йўл қўйиладиган хатолик $\varepsilon = 1\%$ га тенг бўлса, конденсаторнинг сиғими *C* нимага тенг бўлади?

Кўрсатма. Хатолик $\varepsilon = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$, бунда T_1- тақрибий формула бўйича топилган тебраниш даври ва T_2- аниқ формула бўйича топилган тебраниш даври.

14.16. Узунлиги *l=50 см* ва кўндаланг кесимининг юзи S=*10 см*^{2} бўлган ғалтак $\nu = 50$ *гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Ғалтакнинг ўрамлар сони *N=3000*. Кучланиш билан ток ўртасидаги фазалар силжиши *60*^{0} бўлса, ғалтакнинг актив қаршилигини топинг.

14.17. Ғалтакнинг чулғами кўндаланг кесими юзи *1 мм*^{2} бўлган *500* ўрам мис симдан иборат. Ғалтакнинг узунлиги *50 см* ва унинг диаметри *5 см*. қандай частотали ўзгарувчан токда ғалтакнинг тўла қаршилиги актив қаршилигидан икки баравар катта бўлади?

14.18. *C*$_1$*=0,2 мкф* ва *C*$_2$*=0,1 мкф* сиғимли икки конденсатор *220 В* кучланишли *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланган. 1) Занжирдаги ток кучини, 2) биринчи ва иккинчи конденсатордаги потенциалнинг тушишини топинг.

14.19. Узунлиги *25 см* ва *2 см* радиусли ғалтак чулғами кўндаланг кесимининг юзи *1 мм*^{2} бўлган *1000* ўрам мис симдан иборат. Ғалтак *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. 1) Актив қаршилик ва 2) индуктив қаршилик ғалтакнинг тўла қаршилигининг қанча қисмини ташкил қилади?

14.20. *20 мкф* сиғимли конденсатор ва *130 ом* актив қаршиликка эга реостат *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланган. 1) Конденсатордаги ва 2) реостатдаги кучланишнинг тушиши занжирга берилган кучланишнинг қанча қисмини ташкил қилади?

24-mavzu. Majburiy elektr tebranishlar.O'zgaruvchan tok zanjirida sig'im, induktivlik va aktiv qarshilikga oid masalalar yechish. O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni.

14.10. Тебраниш контури *7 мкф* сиғимли конденсатор ҳамда индуктивлиги *0,23 Гн* ва қаршилиги *40 ом* бўлган ғалтакдан иборат. Конденсатор $5,6\cdot10^{-4}$ *к* электр миқдори билан зарядланган. 1) Контурнинг тебраниш даври топилсин. 2) Тебранишнинг сўниш логарифмик декременти аниқлансин. 3) конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг ўзгаришини вақтга боғланиш тенгламаси ёзилсин. 4) $\frac{T}{2}, T, \frac{3}{2}T$ *ва* $2T$ сек га тенг вақт пайтида потенциаллар айирмасининг қиймати топилсин. Икки давр чегарасида $U = f(t)$ графиги чизилсин.

14.11. Тебраниш контури *0,2 мкф* сиғимли конденсатор ва $5,07\cdot10^{-3}$ *Гн* индуктивликли ғалтакдан иборат. 1) Конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси қандай сўниш логарифмик декрементида 10^{-3}*сек* ичида уч баробар камайиб кетади. 2) Бунда контур қаршилиги қанчага тенг?

14.12. Тебраниш контури 10^{-2} *Гн* индуктивлик, *0,405 мкф* сиғим ва *2 ом* қаршиликдан иборат. Бир даврда конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси неча марта камайиши топилсин.

14.13. Тебраниш контури $C=2,22\cdot10^{-9}$ *Ф* сиғимли

конденсатор ва *0,5 мм* диаметрли мис симдан ўралган ғалтакдан иборат. Ғалтакнинг узунлиги 20 см. тебранишнинг сўниш логарифмик декременти топилсин.

14.14. Тебраниш контури $1,1\cdot10^{-9}$ *ф* сиғимга ва $5\cdot10^{-3}$ *Гн* индуктивликка эга. Сўниш логарифмик декременти *0,005* га тенг. Сўниш туфайли контурнинг *99%* энергияси қанча вақтда йўқолади?

14.15. Тебраниш контури конденсатор ва кўндаланг кесимининг юзи $S=0,1$ *мм*^{2} бўлган мис симдан ўралган узун ғалтакдан иборат. Ғалтакнинг узунлиги *l=40 см* . Контурнинг тебраниш даврини $T=2\pi\sqrt{LC}$ тахминий формула бўйича ҳисоблаб чиқаришда йўл қўйиладиган хатолик $\varepsilon=1\%$ га тенг бўлса, конденсаторнинг сиғими *C* нимага тенг бўлади?

Кўрсатма. Хатолик $\varepsilon=\frac{T_2-T_1}{T_2}$, бунда T_1- тақрибий формула бўйича топилган тебраниш даври ва T_2- аниқ формула бўйича топилган тебраниш даври.

14.16. Узунлиги *l=50 см* ва кўндаланг кесимининг юзи S=*10 см*^{2} бўлган ғалтак $\nu=50$ *гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Ғалтакнинг ўрамлар сони *N=3000*. Кучланиш билан ток ўртасидаги фазалар силжиши 60^0 бўлса, ғалтакнинг актив қаршилигини топинг.

14.17. Ғалтакнинг чулғами кўндаланг кесими юзи *1 мм*^{2} бўлган *500* ўрам мис симдан иборат. Ғалтакнинг узунлиги *50 см* ва унинг диаметри *5 см*. қандай частотали ўзгарувчан токда ғалтакнинг тўла қаршилиги актив қаршилигидан икки баравар катта бўлади?

14.18. $C_1=0,2$ *мкф* ва $C_2=0,1$ *мкф* сиғимли икки конденсатор *220 В* кучланишли *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланган. 1) Занжирдаги ток кучини, 2) биринчи ва иккинчи конденсатордаги потенциалнинг тушишини топинг.

14.19. Узунлиги *25 см* ва *2 см* радиусли ғалтак чулғами кўндаланг кесимининг юзи *1 мм*^{2} бўлган *1000* ўрам мис симдан иборат. Ғалтак *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. 1) Актив қаршилик ва 2) индуктив қаршилик ғалтакнинг тўла қаршилигининг қанча қисмини ташкил қилади?

14.20. *20 мкф* сиғимли конденсатор ва *130 ом* актив қаршиликка эга реостат *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланган. 1) Конденсатордаги ва 2) реостатдаги кучланишнинг тушиши занжирга берилган кучланишнинг қанча қисмини ташкил қилади?

14.21. Конденсатор билан электр лампочка *440 В* кучланишли ва *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланган. Лампочкадан *0,5 А* ток ўтиши ва лампочкадаги потенциалнинг тушиши *110 В* га тенг бўлиши учун конденсаторнинг сиғими қандай бўлиши керак?

14.22. *10 ом* актив қаршиликли ва *L* индуктивликли ғалтак *127 В* кучланишли ва *50 Гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Ғалтак *400 Вт* қувватни истеъмол қилади, кучланиш билан ток ўртасидаги фазалар силжиши 60^0, ғалтакнинг индуктивлигини топинг.

14.23. *R*- актив қаршилик, *C*- сиғим ва *L*- индуктивлик турлича усуллар билан улангандаги занжирнинг *Z* тўла қаршилиги ҳамда кучланиш билан ток ўртасидаги фазалар силжиши $tg\varphi$ учун формулалар жадвалини тузинг. 1) *R* ва *C* кетма-кет уланган, 2) *R* ва *C* параллел уланган, 3) *R* ва *L* кетма-кет уланган, 4) *R* ва *L* параллел уланган ва 5) *R, L* ва *C* кетма-кет уланган ҳоллар учун формулалар жадвалини тузинг.

14.24. *1 мкф* сиғимли конденсатор ва *3000 ом* актив қаршиликли реостат *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Реостатнинг индуктивлиги жуда оз. Конденсатор билан реостат: 1) кетма-кет ва 2) параллел уланган бўлса, занжирнинг тўла қаршилигини топинг.

14.25. *220 В* кучланишли ва *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига *35,4 мкф* сиғим, *100 ом* актив қаршилик ва *0, 7 гн* индуктивлик кетма-кет уланган. Занжирдаги ток кучини ҳамда сиғим, ом қаршилик ва индуктивликдаги кучланишнинг тушишини топинг.

14.26. $\nu = 50$ *гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига $L = 2{,}26 \cdot 10^{-2}$ *гн* индуктивлик ва *R* актив қаршилик параллел уланган. Кучланиш билан ток ўртасидаги фазалар силжиши 60^0, *R* нинг катталигини топинг.

14.27. *R* актив қаршилик ва *L* индуктивлик *127 В* кучланишли ва *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига параллел уланган. Занжир *404 вт* қувватни истеъмол қилади ҳамда кучланиш билан ток ўртасидаги фазалар силжиши 60^0, *R* актив қаршилик ва *L* индуктивлик кетма-кет уланган. Конденсатордаги кучланишнинг тушиши $U_C = 2U_R$ ва индуктивликдаги кучланишнинг тушиши U_R топилсин.

25-26-mavzu. Tok kuchi va kuchlanishning effektiv qiymatlarini hisoblash. O'zgaruchan tokning ishi,quvvati va issiqlik ta'sirlariga oid masalalar yechish.

14.1. Тебраниш контури *800 СГСс* сиғимли конденсатор ҳамда $2\cdot10^{-3}$ *Гн* , индуктивликка эга ғалтакдан иборат. Контур қандай тўлқин узунликка созланган? Контур қаршилиги ҳисобга олинмасин.

14.2. Индуктивлиги $2\cdot10^{-3}$ *Гн*, сиғими *62* дан *480 СГСс* гача ўзгара оладиган тебраниш контурини қандай тўлқин диапазонига созлаш мумкин? Контурнинг қаршилиги ниҳоятда оз.

14.3. *2 мкф* сиғимда *1000 гц* товуш частотасини олиш учун тебраниш контурига қандай индуктивлик улаш керак? контур қаршилиги ҳисобга олинмасин.

14.4. Индуктивлиги $L=3\cdot10^{-5}$ *Гн* бўлган ғалтак пластинкаларининг сатҳи $S=10$ *см*^{2} ва улар оралиқлари $d=$ *0,1 мм* бўлган ясси конденсаторга уланган. Агар контур *750 м* узунликдаги тўлқинга резонанслашса, пластинкалар оралиғини тўлдирувчи муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги нимага тенг?

14.5. Тебраниш контури *0,025 мкф* сиғимли контурдан ҳамда *1,015 Гн* индуктивликка эга ғалтакдан иборат. Занжирнинг ом қаршилигини ҳисобга олмаймиз. Конденсатор $2,5\cdot10^{-6}$ *к* электр миқдори билан зарядланган. 1) бу тебранма контур учун конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг (сонли коэффицентлар билан) ва занжирдаги ток кучининг вақтга боғлиқ равишда ўзгариш тенгламаси ёзилсин. 2) $\frac{T}{8}, \frac{T}{4}, ва\ \frac{T}{2}$ сек га тенг вақтдаги конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг қиймати ва занжирдаги ток кучи топилсин. 3) Бир давр чегарасида бу боғланишларнинг графиклари чизилсин.

14.6. Олдинги масаладаги тебраниш контури учун: 1) электр майдонининг энергияси, магнит майдон энергияси ва тўла энергиянинг вақтга қараб ўзгариш тенгламалари (сон коэффицентлари билан) ёзилсин, 2) $\frac{T}{8}, \frac{T}{4}, ва\ \frac{T}{2}$ сек га тенг вақтдаги электр майдони энергияси, магнит майдони энергияси ва тўла энергия қийматлари топилсин. 3) бир давр чегарасида бу боғланишларнинг графиклари чизилсин.

14.7. Тебраниш контури конденсатори қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг вақтга қараб ўзгариш тенгламаси $U=50\cos10^4\pi t$ В кўринишида берилган. Конденсаторнинг сиғими 10^{-7} *ф* га тенг. 1) тебраниш даври, 2) контур индуктивлиги, 3) вақт бўйича занжирдаги ток кучининг ўзгариш қонуни, 4) шу контурга мувофиқ келувчи тўлқин узунлиги топилсин.

14.8. Тебраниш контуридаги ток кучининг вақт бўйича ўзгариш тенгламаси қуйидаги кўринишда берилган: $I = -0{,}02\sin 400\pi t$ А. Контурнинг индуктивлиги *1 Гн*. 1) Тебраниш даври, 2) контур сиғими, 3) конденсатор қопламаларидаги максимал потенциаллар айирмаси, 4) магнит майдонининг максимал энергияси, 5) электр майдонининг максимал энергияси топилсин.

14.9. $\frac{T}{8}$ сек вақт пайти учун тебраниш контури магнит майдон энергиясининг электр майдон энергиясига нисбати нимага тенг?

14.10. Тебраниш контури *7 мкф* сиғимли конденсатор ҳамда индуктивлиги *0,23 Гн* ва қаршилиги *40 ом* бўлган ғалтакдан иборат. Конденсатор $5{,}6\cdot 10^{-4}$ *к* электр миқдори билан зарядланган. 1) Контурнинг тебраниш даври топилсин. 2) Тебранишнинг сўниш логарифмик декременти аниқлансин. 3) конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмасининг ўзгаришини вақтга боғланиш тенгламаси ёзилсин. 4) $\frac{T}{2}, T, \frac{3}{2}T$ *ва* $2T$ сек га тенг вақт пайтида потенциаллар айирмасининг қиймати топилсин. Икки давр чегарасида $U = f(t)$ графиги чизилсин.

14.11. Тебраниш контури *0,2 мкф* сиғимли конденсатор ва $5{,}07\cdot 10^{-3}$ *Гн* индуктивликли ғалтакдан иборат. 1) Конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси қандай сўниш логарифмик декрементида 10^{-3}*сек* ичида уч баробар камайиб кетади. 2) Бунда контур қаршилиги қанчага тенг?

14.12. Тебраниш контури 10^{-2} *Гн* индуктивлик, *0,405 мкф* сиғим ва *2 ом* қаршиликдан иборат. Бир даврда конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси неча марта камайиши топилсин.

14.13. Тебраниш контури $C=2{,}22\cdot 10^{-9}$ *Ф* сиғимли конденсатор ва *0,5 мм* диаметрли мис симдан ўралган ғалтакдан иборат. Ғалтакнинг узунлиги 20 см. тебранишнинг сўниш логарифмик декременти топилсин.

14.14. Тебраниш контури $1{,}1\cdot 10^{-9}$ *ф* сиғимга ва $5\cdot 10^{-3}$ *Гн* индуктивликка эга. Сўниш логарифмик декременти *0,005* га тенг. Сўниш туфайли контурнинг *99%* энергияси қанча вақтда йўқолади?

14.15. Тебраниш контури конденсатор ва кўндаланг кесимининг юзи $S=0{,}1$ *мм*^{2} бўлган мис симдан ўралган узун ғалтакдан иборат. Ғалтакнинг узунлиги *l=40 см* . Контурнинг тебраниш даврини $T = 2\pi\sqrt{LC}$ тахминий формула

бўйича ҳисоблаб чиқаришда йўл қўйиладиган хатолик $\varepsilon = 1\%$ га тенг бўлса, конденсаторнинг сиғими *C* нимага тенг бўлади?

Кўрсатма. Хатолик $\varepsilon = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$, бунда T_1 – тақрибий формула бўйича топилган тебраниш даври ва T_2 – аниқ формула бўйича топилган тебраниш даври.

14.16. Узунлиги *l=50 см* ва кўндаланг кесимининг юзи S=*10 см*^{2} бўлган ғалтак $\nu = 50$ *гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Ғалтакнинг ўрамлар сони *N=3000*. Кучланиш билан ток ўртасидаги фазалар силжиши *60*^{0} бўлса, ғалтакнинг актив қаршилигини топинг.

14.17. Ғалтакнинг чулғами кўндаланг кесими юзи *1 мм*^{2} бўлган *500* ўрам мис симдан иборат. Ғалтакнинг узунлиги *50 см* ва унинг диаметри *5 см*. қандай частотали ўзгарувчан токда ғалтакнинг тўла қаршилиги актив қаршилигидан икки баравар катта бўлади?

14.18. C_1*=0,2 мкф* ва C_2*=0,1 мкф* сиғимли икки конденсатор *220 В* кучланишли *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланган. 1) Занжирдаги ток кучини, 2) биринчи ва иккинчи конденсатордаги потенциалнинг тушишини топинг.

14.19. Узунлиги *25 см* ва *2 см* радиусли ғалтак чулғами кўндаланг кесимининг юзи *1 мм*^{2} бўлган *1000* ўрам мис симдан иборат. Ғалтак *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. 1) Актив қаршилик ва 2) индуктив қаршилик ғалтакнинг тўла қаршилигининг қанча қисмини ташкил қилади?

14.20. *20 мкф* сиғимли конденсатор ва *130 ом* актив қаршиликка эга реостат *50 гц* частотали ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланган. 1) Конденсатордаги ва 2) реостатдаги кучланишнинг тушиши занжирга берилган кучланишнинг қанча қисмини ташкил қилади?

27-mavzu. Kompleks qarshiliklar. O'zgaruvchan tok zanjirlarining qarshiliklari. Elektromagnit to'lqinlar. To'lqin uzunligiga oid masalalar yechish To'lqin tarqalish tezligi. Eletromagnit to'lqin energiyasiga oid masalalar yechish.

11.123. Магнит киритувчанлиги μ билан магнит майдон кучланганлик Н орасидаги боғланишни биринчи марта А. Г. Столетов "Юмшоқ темирнинг магнитланиш функциясини текшириш"га доир (1872 й.) ишида текширган. А. Г. Столетов текширилаётган темир намунасига тороид шаклини бериб, уни тороидга ўралган ғалтакдан *I* ток ўтказиш орқали магнитлайди. Бу бирламчи ғалтак бўлиб, ундаги ток йўналиши ўзгартирилганда, шу тороидга ўралган иккиламчи ғалтакка уланган балластик гальванометр стрелкаси α даражага оғишган.

А. Г. Столетов фойдаланган тороиднинг параметрлари қуйидагича эди: кўндаланг кесимининг юзи $S=1,45$ *см*^{2}, узунлиги $l=60$ *см*, бмрламчи ғалтак ўрамларининг сони $N_2=100$. Гальванометрнинг балластик доимийси $C=1,2\cdot10^{-5}$ *к/бўл.* ва иккинчи занжир қаршилиги *12 ом.*

Столетов тажрибаларидан бирининг натижаси қуйидаги жадвалда кўрсатилган:

I, а	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
α (шкала даражаларида)	48,7	148	208	241	256

Шу маълумотларга асосланиб, А. Г. Столетов ишлатган темир учун жадвал тузилсин ва шунга тегишли магнит киритувчанлик μ нинг магнит майдони кучланганлиги H билан боғланиш графиги чизилсин.

11.124. Темирнинг магнит киритувчанлигини ўлчаш учун ундан узунлиги $l=50$ *см* ва кўндаланг кесимининг юзи $S=4$ *см*^{2} бўлган тороид тайёрланган. Тороиднинг чулғамидан бирининг ўрам сони $N_1=500$,бўлиб у ток манбаига уланган иккинчисиники $F_2=1000$,бўлиб у гальванометрга уланган. Бирламчи чулғамда токнинг йўналишини тескарига ўзгартириб, иккиламчи чулғамда индукцион ток ҳосил қилинади. Бирламчи чулғамдаги йўналиши ўзгартирилган токнинг кучи *1 А* бўлганда гальванометрдан 0,06 электр миқдори ўтиши маълум бўлса, темирнинг магнит киритувчанлиги топилсин.

11.125. Иссиқ ҳолатдаги қаршилиги *10 ом* бўлган электр лампочка дроссель орқали *12 В* ли аккумлияторга уланган. Дросселнинг индуктивлиги *2 Гн*, қаршилиги *1 ом*. Агар лампочка *6 В* кучланишда сезиларли даражада ёриша бошласа, қанча вақтдан кейин равшан ёнади?

11.126. Узунлиги *20 см* ва диаметри *2 см* бўлган ғалтак берилган. Ғалтакка кўндаланг кесими *1 мм*^{2} бўлган мис сим ўралган. Ўрамлар сони *200*. Ғалтак маълум э.ю.к. ли занжирга уланган. Переключатель ёрдамида э.ю.к. ни узиб, ғалтак қисқа туташтирилади. Э.ю.к. узилгандан кейин қанча вақт ўтгач, занжирдаги ток кучи икки марта камаяди.

11.127. Индуктивлиги *0,2 Гн* ва қаршилиги *1,64 ом* га тенг ғалтак қисқа туташтирилгандан *0,05 сек* ўтгач ғалтакдаги ток кучи неча марта камаяди?

11.128. Ғалтакнинг қаршилиги $R=10$ *ом* ва индуктивлиги $L=0,144$ *Гн*. Ғалтак улангандан қанча вақт ўтгач, ундаги ток олдинги берилган токнинг ярмига тенг бўлади?

11.129. Контурнинг қаршилиги *2 ом* ва индуктивлиги *0,2 Гн*. Занжирга э.ю.к. уланган пайтдан бошлаб, контурдаги ток кучи ортишининг вақтга боғланиш графиги чизилсин. Ордината бўйича ортиб борувчи ток кучи I нинг охирги ток кучи I_0 га нисбат қўйилсин. График $0 \le t \le 0,5$ *сек* интервалда *0,1 сек* оралиқ билан чизилсин.

11.130. Кўндаланг кесимининг юзи *1 мм*^{2} бўлган мис симдан қилинган квадрат рамка индукцияси $B = B_0 \sin \omega t$ қонун

бўйича ўзгарадиган магнит майдонига жойлаштирилган, бунда $B_0 = 0,01$ *тл*, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ *ва* $T = 0,02$ *сек*. Рамканинг юзи *25 см*^{2}. Рамка текислиги магнит майдони йўналишига тик қўйилган. 1) Рамкадан ўтувчи магнит оқимининг, 2) рамкада ҳосил бўлган индукция э.ю.к. нинг ва 3) рамка бўйлаб ўтаётган ток кучининг вақтга боғаниши ҳамда уларнинг энг катта қиймати аниқлансин.

11.131. Индуктивлиги *0,021 Гн* бўлган ғалтак орқали $I = I_0 \sin\omega t$ қонун бўйича вақтга боғлиқ ҳолда ўзгарадиган ток ўтади, бунда $I_0 = 5$ *А*, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ва $T = 0,02$ *сек*. 1) Ғалтакда ҳосил бўладиган ўзиндукция э.ю.к. нинг ва 2) ғалтак магнит майдони энергиясининг вақтга боғланиши топилсин.

11.132. Иккита ғалтакнинг ўзаро индуктивлиги *0,005 Гн* га тенг. Биринчи ғалтакдаги ток $I = I_0 \sin\omega t$ қонуни бўйича ўзгаради, бунда $I_0 = 10$ *А*, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ *ва* $T = 0,02$ *сек*. 1) Иккинчи ғалтакдаги индукцияланган э.ю.к. нинг вақтга боғланиш тенгламаси тузилсин. 2) Бу э.ю.к. нинг энг катта қиймати топилсин.

L A B O R A T O R I Y A
I S H L A R I

1-LABORATORIYA ISHI
MAVZU: ELEKTROSTATIK MAYDONNI O'RGANISH

Ishning maqsadi: Elektrostatik maydon ko'rinishini bir xil potensialli sirtlar va kuch chiziqlari yordamida tasvirlash.

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Elektrostatik maydon-materiyaning maxsus ko'rinishi hisoblanib,u qo'zg'almas elektr zaryadlari o'zaro ta'sirining mahsulidir. Zaryadlangan jismlar atrofida elektr maydonning mavjudligini bilish uchun ularning atrofiga sinash zaryadi (zaryadlangan sharcha) keltiriladi. Zaryadlangan har qanday jism maydonning unga kiritilgan zaryadga ta'sirini kuch va energiya jihatidan miqdoriy xarakteristikalari sifatida maydon kuchlanganligi vektori *E* va potensiali φ qabul qilinadi.

Maydonning muayyan bir nuqtasidagi kuchlanganligi deb, nuqtaviy zaryadga maydon tomonidan ta'sir qilingan kuchning shu zaryad miqdoriga nisbatini ifodalovchi vektor kattalikka aytiladi:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \qquad \textbf{(1.1)}$$

bu yerda, q_0 - musbat sinash zaryadining miqdori.

Elektr maydonni grafik tasvirlash uchun maydon kuch chiziqlari tushunchasi kiritiladi. Kuch chiziqlari deb shunday egrilarga aytiladiki, ularning har bir nuqtasida kuchlanganlik vektori shu nuqtaga o'tkazilgan urinma bo'ylab yo'nalgan bo'ladi.

Elektr maydonning potensiali deb zaryad potensial energiyasining shu zaryad miqdoriga nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi:

$$\varphi = \frac{W}{q_0} \qquad \textbf{(1.2)}$$

bu yerda, W-elektr maydonidagi zaryadning energiyasi.

Odatda, zaryadni maydon markaziga yaqinroq bir nuqtadan markazdan uzoqroq ikkinchi nuqtaga ko'chirish uchun ma'lum miqdordagi elementar ΔA ish bajarish kerak bo'lib, bu ish zaryad potensial energiyasining kamayishi hisobiga bajariladi, ya'ni

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta W}{q_0} = \frac{\Delta A}{q_0} \qquad \textbf{(1.3)}$$

yoki mantiqiy va miqdoriy o'zgarishlardan so'ng

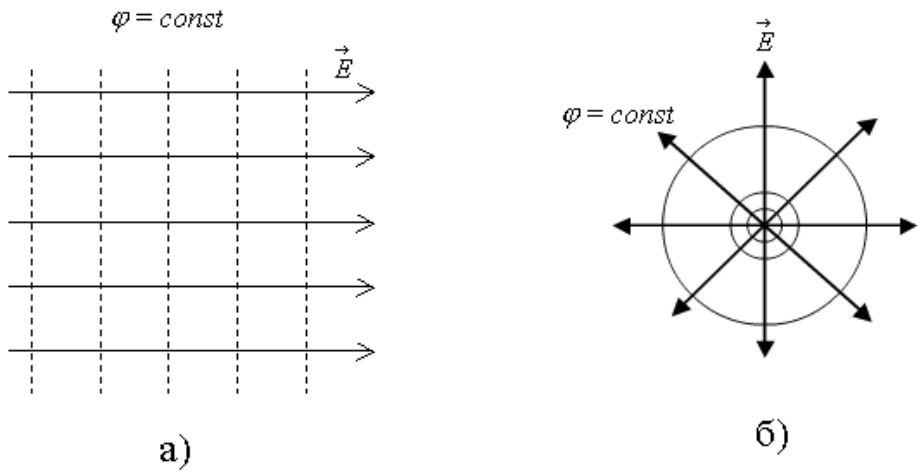
$$A = q_0(\varphi_1 - \varphi_2) \qquad \textbf{(1.4)}$$

bog'lanishni olamiz.

Elektrostatik maydon potensiali nuqtadan nuqtaga o'zgarib turuvchi funksiyadir. Biroq har qanday real holda potensiallari bir xil bo'lgan nuqtalar to'plamini topish mumkin. Teng potensialli nuqtalarning geometrik o'rni

ekvipotensial (bir xil potensialli) sirtlar yoki izopotensial (o'zgarmas potensialli) sirtlar deb ataladi. Ekvipotensial sirtlar quyidagi xossalarga ega:
1. Ekvipotensial sirtlar bo'yicha zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish ayniy nolga teng (1. 4);
2. Ekvipotensial sirtlarga doimo maydon kuchlanganligi chiziqlari perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi (1 a,b rasm).
Umuman, elektrostatik maydon uchun quyidagi xossalar o'rinli:

1. Elektrostatik maydondagi o'tkazgichlarning sirti doimo ekvipotensial sirt bo'ladi.



1-rasm.

2. Kuch chiziqlari vektori maydon potensialining tezlik bilan o'zgarish yo'nalishini ko'rsatadi.
3. Maydon kuchlanganligi hamma vaqt va maydonning har bir nuqtasida potensialning kamayishi tomon yo'nalgan bo'ladi, ya'ni:

$$E = -\frac{d\varphi}{dr} \qquad \textbf{(1.5)}$$

(1.5) dan ko'rinadiki, bir jinsli elektrostatik maydon kuchlanganligi E, uzunlik birligidagi potensialning kamayishini xarakterlaydi. Elektrostatik maydon kuchlanganligining miqdori qancha katta bo'lsa, ekvipotensial sirtlar bir-biriga shuncha yaqin joylashadi.

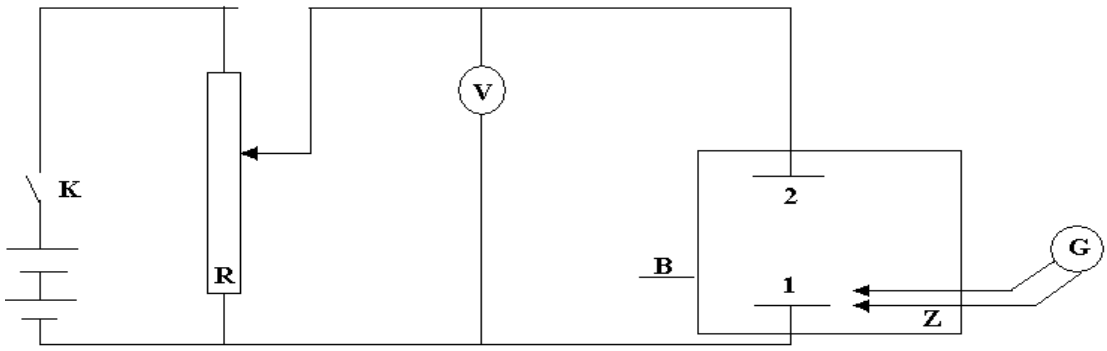
Mazkur laboratoriya ishining vazifasi maydonning har qanday nuqtasida maydon kuchlanganligining kattaligi va yo'nalishini aniqlashdan (ya'ni kuch chiziqlarini chizishdan) iborat. Amalda, tuzish osonroq bo'lganligi sababli, avval ekvipotensial sirtlar topiladi, so'ngra ularning xossalariga asoslanib kuch chiziqlari chiziladi.

Elektrostatik maydonda potensiallarning taqsimlanishini o'rganish uchun zondlardan foydalaniladi. Zond elektr maydoniga kiritilganda iloji boricha unga kam ta'sir qilishi va shu zond qo'yilgan nuqtaning haqiqiy potensialini o'lchashi kerak. Maydonga ta'sir qilmaydigan zond, o'zining atrofida ionlashgan gaz hosil qiluvchi kichkina metall elektroddan iborat bo'ladi. Bunday zondlardan biri alangali zonddir. Alangali zond shisha naychadan qilingan gaz gorelkasi va ingichka metall simdan iborat. Sim elektrometrga ulanib, uning uchi esa alanga ichida bo'lgan holda

maydonning tekshirilayotgan nuqtasiga qo'yiladi. Gaz alangasidagi ionlar va elektr maydoni ta'sirida zaryadlarning simga o'tishi yoki undan chiqishini ta'minlaydi. Zaryadlarning ko'chishi simdagi potensial qiymati maydonning shu simning uchi turgan joydagi potensial qiymatiga tenglashguncha davom etadi, bu vaqtda sim ulangan elektrometrning ko'rsatishi maydonning tekshirilayotgan nuqtasidagi potensialiga haqiqatdan mos keladi.

Zondlar bilan ishlashdagi murakkabliklar va umuman elektrostatik o'lchashdagi qiyinchiliklar elektrostatik maydonni o'rganishni o'zgarmas elektr toki maydonini o'rganishga olib keladi. Bu usulni qo'llash, elektrolitlardagi kuchsiz toklarni Om qonuni $j = \sigma E$ yordamida hisoblash mumkinligiga asoslangan. Bu yerda, *j*-tok zichligi, uning yo'nalishi - musbat zaryadlarning harakat yo'nalishi deb hisoblanadi. Shuning uchun tok maydoni, elektrostatik maydon-kuch chiziqlari bilan xarakterlanganligi kabi, tok zichligi chiziqlari bilan xarakterlanadi, mazkur chiziqlar esa ustma-ust tushadi. Bu esa, o'tkazgichlarning potensiali doimiy saqlangan holda muhit va o'tkazgichlar o'tkazuvchanligining o'zaro munosabati o'tkazgichlar sirtlarini ekvipotensial sirtlar deb hisoblashga imkon bergan hollardagina elektrostatik maydonni o'rganish o'rniga o'zgarmas tokning maydonini o'rganish mumkin ekanligini tasdiqlaydi. Bu usul zond sifatida metall elektrodlardan foydalanishga imkon beradi, chunki o'tkazuvchan muhitda zonddan zaryadlarning ko'chishiga imkon tug'iladi va zond potensiali bilan maydonning berilgan nuqtasining potensiali o'z-o'zidan tenglashib qoladi. Shuni ham nazarda tutish kerakki, zondning elektr zanjiri zond kiritilgan nuqta bilan unga eng yaqin bo'lgan elektrod orasidagi o'tkazuvchan muhit qarshiligiga nisbatan katta qarshilikka ega bo'lishi kerak.

Biz quyida tekislikdagi maydonni o'rganamiz, shuning uchun kuchsiz elektrolit quyilgan to'g'ri burchakli elektrolitik vanna (V) dan foydalanamiz (2-rasm). Vannaga 1 va 2 elektrodlar tushiriladi, uning bir tomoni vanna tubiga tegib turadi, ikkinchi tomoni esa



2-rasm.

vannaga quyilgan elektrolit sathidan chiqib turadi. Ishning elektr sxemasiga yana (Z) zond, (G) galvanometr, (V) voltmetr va (R) kuchlanish taqsimlagich (potensiometr) ham kiradi.

Kerakli asbob va materiallar: elektrolitik vanna, galvanometr, voltmetr, reostat, metall zondlar, turli shakldagi elektrodlar, ulagich simlar, kalit.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1. 2-rasmda keltirilgan elektr sxema yig'iladi va o'rganiladi.
2. Vanna mis kuporosining juda kuchsiz eritmasi quyiladi va to'g'ri elektrodlar tushiriladi.
3. *Galvanometr klemmalariga metall zondlar ulanadi.*
4. K kalit yordamida elektr zanjiri tok manbaiga qo'shiladi.
5. Potensiometr yordamida tajriba uchun zarur bo'lgan 4- 5 V kuchlanish tanlab olinadi va voltmetrdan yozib olinadi.
6. Metall zondlardan birini vannaning ixtiyoriy bir nuqtasiga qo'yib bu nuqtaning koordinatalari $A_1(x,u)$ vannadagi millimetrli qog'ozga chizilgan masshtablar yordamida aniqlanadi va jadvalga yozib qo'yiladi.
7. Ikkinchi zond vannaga tushiriladi (birinchi zond $A_1(x,u)$ nuqtada turgan holda) va uni harakatlantirish yo'li bilan galvanometr strelkasi nol holatni ko'rsatishiga erishiladi. Bu nuqtaning koordinatalari $A_1(x_1,u_1)$ ham jadvalga yozib qo'yiladi.

Birinchi zond o'z joyida ($A_1(x,u)$) turgan holda ikkinchi zondni yana harakatlantirib,

7 - punkt takrorlanadi (topilgan nuqta ($A_1(x_2, u_2)$).

8. Bunday nuqtalardan birinchi zond $A_1(x,u)$ nuqtada turgan holda bir nechtasi topiladi va jadvalga yozib boriladi.
10. Birinchi zondni boshqa biror nuqta $A_2(x,u)$ ga qo'yib, yuqoridagi prosess takrorlanadi.
11. Olingan natijalar bo'yicha to'g'ri elektrod uchun millimetrli qog'ozga ekvipotensial sirtlar va ularga pependikulyar bo'lgan kuch chiziqlari chizilib, maydonning to'la sifat manzarasi xosil qilinadi.
12. Yoysimon va doiraviy elektrodlar ulanib, yuqoridagi tajribalar takrorlanadi. Bu elektrodlar uchun xam millimetrli qog'ozda maydonning to'la sifat manzarasi hosil qilinadi.

Elektrodlar shakli	№	$A_i(x,u)$	$A_i(x_1,u_1)$	$A_i(x_2,u_2)$
To'g'ri	1	$A_i(x,u)$	$A_i(x_1,u_1)$	$A_i(x_2,u_2)$
	2	$A_1(x,u)$	$A_1(x_1,u_1)$	$A_1(x_2,u_2)$

O'Z-O'ZINI SINASH UCHUN SAVOLLARI

1. Elektrostatik maydonning asosiy xarakteristikalarini ayting, ularga ta'rif bering va birliklarini ayting.
2. Elektrostatik maydonining potensiallik shartini tushuntiring.
3. Maydon kuch chiziqlari va ekvipotensial sirt grafigi asosida elektr maydonining va ekvipotensial sirtlarining xossalarini tushuntiring.

2-LABORATORIYA ISHI

MAVZU: ELEKTR O'LCHOV ASBOBLARI BILAN ISHLASH

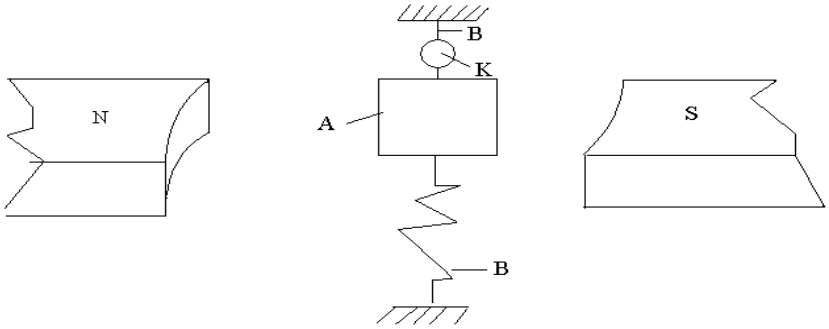
1-mashq. Galvonametr yordamida elektr tokini o'lchash.

Ishning maqsadi. Galvanometrning tuzilishi va texnik xarakteristikasi bilan tanishish, shunt ulash va undan ampermetr sifatida foydalanishni o'rganish.

ASBOBNING TAVSIFI VA HISOBLASH NAZARIYASI

O'ta kichik (10^{-12} –10^{-6} A) toklarni, kuchlanishlarni hamda elektr miqdorini o'lchash uchun ishlatiladigan elektr o'lchov asbobi galvanometr deb ataladi. Galvonametr ko'rsatkich mexanizmiga qarab strelkali va ko'zguli bo'ladi.

Magnitoelektrik sistemada ishlaydigan harakatlanuvchi ramkali galvonametrni ko'rib o'tamiz. Bunday galvonametrlarda magnit maydoniga tokli ramka (A) joylashtirilgan bo'ladi (1-rasm). Ramka ikki tomondan metall iplar (V) ga osib qo'yiladi.



3-rasm.

Iplar bir vaqtning o'zida o'tkazgich vazifasini ham o'taydi. Ramkadan o'tayotgan tok unga ta'sir etuvchi kuch momentini hosil qiladi. Bu moment ramkani o'z o'qi atrofida aylantiradi. O'tkazgich vazifasini bajaruvchi ip buraladi, natijada o'lchanayotgan tok hosil qilgan ramkaga ta'sir etuvchi momentga qarama-qarshi yo'nalishda ta'sir etuvchi elastik kuchlarning momenti yuzaga keladi. Bu kuch ramkani tok o'tishi to'xtagandan so'ng avvalgi holatiga qaytaradi. Ramka o'qiga shkala bo'ylab ko'chadigan strelka yoki uncha katta bo'lmagan (K) ko'zgu o'rnatilgan. Bunday galvonametrlarni juda ehtiyotlik bilan ishlatish kerak, chunki u biror yerga qattiq urilsa yoki silkinsa, ramka osilgan o'tkazgich uzilib ketishi mumkin. Buning oldini olish maqsadida ko'pchilik galvanometrlar arretirli qilib yasaladi. Agar strelkasi noldan chiqib qolgan bo'lsa, korrektori yordamida nolga keltiriladi.

Galvanometr yordamida katta toklarni o'lchash ham mumkin. Buning uchun esa o'lchash chegarasini orttirish kerak. O'lchash chegarasi shunt ulash yo'li bilan orttiriladi. Shunt deb, galvanometrga parallel qilib ulangan, natijada galvanometr orqali faqat o'lchanadigan tok o'tishini ta'minlaydigan qarshilikka aytiladi. Shuntni

hisoblaylik. O'tkazgichlarni parallel ulash qoidasiga asosan 4- rasmdan foydalanib,

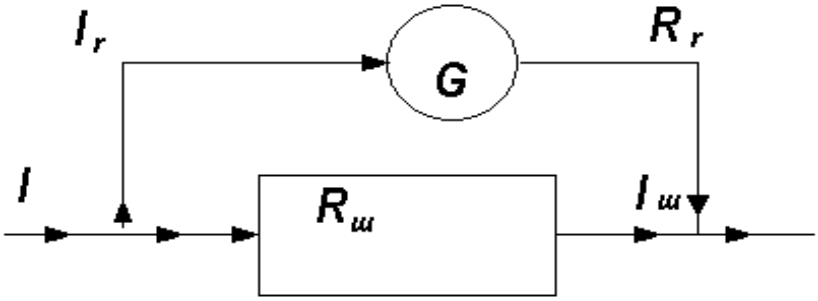
$$\frac{I_ш}{I_г} = \frac{R_г}{R_ш} \qquad \textbf{(2. 1)}$$

ni yozish mumkin. Bu yerda,

$I_ш$ - shuntdan o'tayotgan tokning kuchi; $I_к$ - galvanometrdan o'tayotgan tokning kuchi; $R_г$ - galvanometrning qarshiligi;

$R_ш$ - shuntning qarshiligi; Faraz qilaylik, galvanometrning qarshiligi shuntning qarshiligidan n marta katta bo'lsin, ya'ni

$$\frac{R_г}{R_ш} = n,$$ u holda, $$\frac{I_ш}{I_к} = \frac{R_г}{R_ш} n \qquad \textbf{(2.2)}$$



4-rasm.

Kirxgofning birinchi qoidasiga asosan

$$I = I_ш + I_г \qquad \textbf{(2.3)}$$

(2.1) va (2.3) formulalarni birgalikda yechib, zanjirdagi umumiy tokni hisoblash uchun quyidagi formulalarni hosil qilamiz:

$$I = I_ш + I_г = I_г \frac{R_г}{R_ш} + I_г = I_г \left(\frac{R_г}{R_ш} + 1 \right) \qquad \textbf{(2.4)}$$

$$\frac{I_ш}{I} = \frac{1}{n+1} \qquad \textbf{(2.5)}$$

(2. 4) va (2. 5) formuladan ko'rinadiki, galvanometrga shunt ulash yordamida undan o'tayotgan tokni umumiy tokdan $(n+1)$ marta kamaytirish, ya'ni o'zi o'lchaydigan tokdan $(n+1)$ marta katta toklarni o'lchash mumkin ekan. (2.4) formula shunt tanlash imkonini ham beradi. Agar o'lchov asbobining hamma shkalasi *I* tokka mo'ljallangan bo'lsa, uni o'lchash chegarasini *N* marta orttirish uchun, ya'ni:

$$I = NI_г \qquad \textbf{(2.6)}$$

bo'lishligi uchun o'lchanayotgan shuntning qarshiligi qancha bo'lishi kerak? Buni topish uchun (2.4) va (2. 6) ifodalarni birgalikda yechamiz:

$$I_r N = I_r\left(\frac{R_r}{R_ш}+1\right) \qquad N = \frac{R_r}{R_ш}+1 \qquad \textbf{(2.7)}$$

(2. 7) dan shuntning qarshiligi

$$R_ш = \frac{R_r}{N-1}+1 \qquad \textbf{(2.8)}$$

ga teng ekanligini topamiz.

O'lchash chegarasi *N* marta ortganda, asbob shkalasining bo'lim qiymati ham *N* marta ortadi.

Shunt ulangan galvanometrni yoki umuman har qanday o'lchov asbobini darajalash, uning shkala bo'limlari bilan shu shkala bo'yicha hisoblanadigan kattaliklarning qiymatlari orasida muvofiqlik o'rnatishdir.

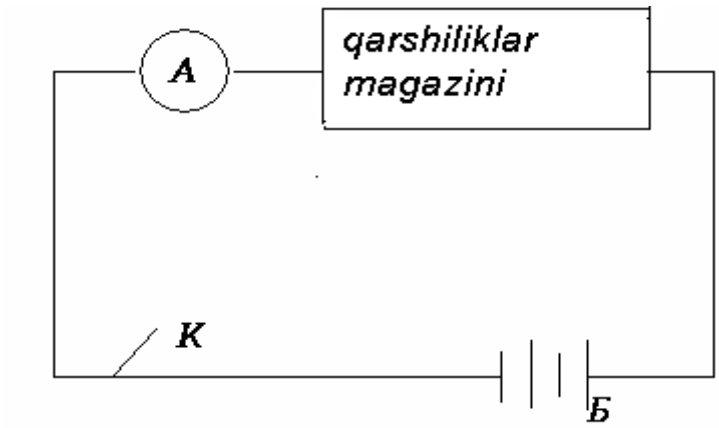
Ampermetrni ikki xil usul bilan darajalash mumkin. Birinchi usulda darajalangan, ya'ni etalon ampermetr bilan darajalanayotgan ampermetr ketma-ket ulanadi, shkala asbobning ko'rsatishi bilan solishtiriladi. Ikkinchi usulda esa etalon qarshilik, e.yu.k. ma'lum bo'lgan tok manbai va darajalanishi kerak bo'lgan ampermetrdan iborat elektr zanjiri tuzilib *(5-rasm)*, qarshilik va e.yu.k. ma'lum qiymatiga mos keluvchi tok kuchining kattaligi Om qonuni yordamida topiladi:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + R_a} \qquad \textbf{(2.9)}$$

R - etalon qarshilik;

R_a - asbobning qarshiligi;

ε-manbaning e.yu.k.



5 – rasm.

Kerakli asbob va materiallar: har xil sistemada ishlovchi tok o'lchovchi asboblar, tok manbai (akkumulyator), qarshiliklar magazini, kalit, ulagich simlar.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1. Galvanometr, milliampermetr va ampermetrlarning shkalalaridagi shartli belgilar daftarga yozib olinadi.

2. Shartli belgilar asosida shu asboblarning texnik xarakteristikasi tuziladi, ya'ni quyidagilar ko'rsatiladi (ilovaga qarang):

a) asbobning ishlash sistemasi;

b) o’lchash chegarasi;
v) asbobning ichki qarshiligi;
g) aniqlik klassi va absolyut xatosi.

3. Asbobning ishlash sharoiti aniqlanadi:
   a) qanday tok (o’zgaruvchan, o’zgarmas) o’lchanadi?
   b) asbob qanday holatda (vertikal, gorizontal) ishlaydi?
   v) shkala bo’limining qiymati qancha?
   g) asbob detallari orasidagi teshib o’tish (proboy) kuchlanishi qancha?
4. Asbobning tuzilishi va ishlash prinsipi o’rganiladi:
   a) asbobda magnit maydon qanday hosil qilinadi?
   b) tokli ramkaning tuzilishi qanday?
   v) asbobga va ramkaga tok qanday keltiriladi?
   g) asbob strelkasi shkalaning noliga qanday keltiriladi?

5. Texnik xarakteristikalari o’rganilib, har bir asbob uchun alohida qilib daftarga yozib olingandan so’ng, o’qituvchining ko’rsatmasi bilan galvanometrning tok kattaligini o’lchash chegarasi orttiriladi.

6. Ko’rsatilgan marta chegarasini orttirish uchun kerak bo’lgan shunt *(2.8)* formula yordamida hisoblanadi.

7. Hisoblangan shunt molibden yoki konstantin simdan tayyorlanadi. Simning uzunligi $L = R_ш \quad S/p$ (bu yerda, S-simning ko’ndalang kesim yuzasi, ρ –sim materialining solishtirma qarshiligi) formula bilan hisoblanadi.

8. Shuntlangan asbobni darajalash uchun 5-rasmdagi elektr sxema o’rganiladi va tuziladi.

Diqqat! Tok kattaligini o’lchovchi barcha asboblar elektr zanjiriga ketma – ket ulanadi.

9. K kalit ulanmasdan avval asbob shkalasining vaziyati belgilab olinadi. Bu vaziyat asbobning nolinchi bo’limi bo’ladi.

10. R qarshiliklar magazinning eng katta qiymatiga qo’yiladi.
K kalit ulanib, shunt ulangan galvanometr shkalasining ko’rsatishi belgilab olinadi.

11. R qarshiliklar magazinidan galvanometr shkalasi har gal 1-2 bo’limga siljiydigan qilib qarshilik tanlanadi. qarshilikning qiymati va ampermetrdagi bo’lim yozib boriladi.

12. Tajriba tok kuchi I A ga yetguncha davom etadi , 2-3 marta takrorlanadi.

13. (2.9) formulaga *E,K* va tajribadan olingan R_a ning qiymatlarini qo’yib , tok kuchining qiymati topiladi.

14. O’lchash va hisoblash natijalari I- jadvalga yoziladi.

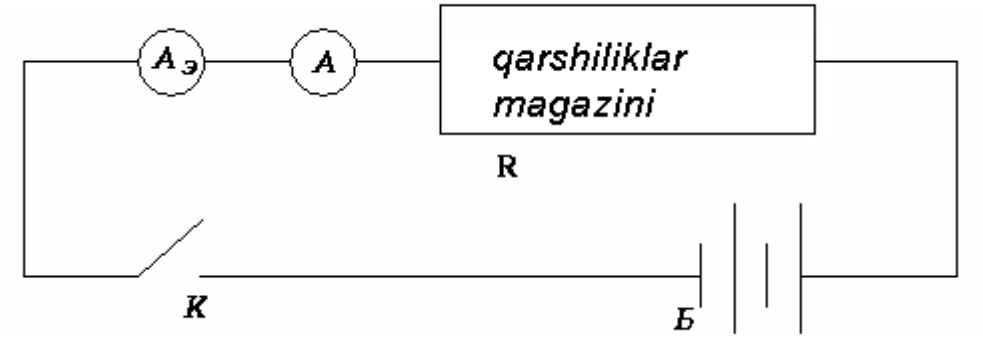
1-jadval.

№	ε, B	R, Om	Ra, Om	N	I_{ET} A	I, A

15. Jadvaldan foydalanib, $I = f \quad (N)$ (*N*-shkaladagi bo’limlar soni)

bog'lanish grafigi millimetrli qog'ozga chiziladi. Agar grafik to'g'ri chiziqli bo'lsa asbob shkalasining bitta bo'limining qiymati topiladi.

16. 6-rasmdagi elektr sxema tuziladi.



6-rasm.

17. A_e - etalon ampermetr yordamida tekshirilayotgan ampermetr darajalanadi va avvalgi usul bilan topilgan qiymatiga solishtiriladi. A_{et} - etalon ampermetrning ko'rsatishi I -jadvalga yoziladi.

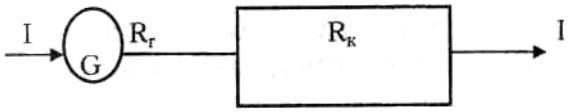
2-mashq. **Galvanometr yordamida potensialllar ayirmasini (kuchlanishni) o'lchash** .

Ishning maqsadi: Galvonametrdan kuchlanish o'lchovchi asbob sifatida foydalanishni va uni darajalashni o'rganish .

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

1- mashqda aytib o'tganimizdek, galvanometr yordamida kuchlanishlarni ham o'lchash mumkin .Buning uchun galvanometrga qo'shimcha qarshilik ketma-ket qilib ulanadi (5-rasm). Natijada o'lchanayotgan kuchlanishning bir qismi qo'shimcha qarshilikda (shuntda) tushadi. Shu qo'shimcha qarshilikni hisoblaylik. O'tkazgichlarni ketma-ket ulash qoidasiga asosan

$$\frac{U_k}{U_r} = \frac{R_k}{R_r} \qquad \textbf{(2.10)}$$



7 – rasm.

bu yerda, U_k- qo'shimcha qarshilikdagi potensiallar tushuvi; U_r- galvanometr qarshiligidagi potensiallar tushuvi; R_k- qo'shimcha qarshilik, R_r- galvanometr ichki qarshiligi.

Agar qo'shimcha qarshilik galvanometrning qarshiligidan *n* marta katta bo'lsa, ya'ni

$$\frac{U_k}{U_r} = \frac{R_k}{R_r} = n \qquad \textbf{(2.11)}$$

qo'shimcha qarshilik va galvanometrdagi potensiallar tushuvi

$$U = U_r + U_k = IR_r + IR_k = IR_r(R_k / R_r + 1) = IR_r(n+1) \qquad \textbf{(2.12)}$$

ga teng bo'ladi yoki

$$U=U_r\,(n=1) \qquad \textbf{(2.13)}$$

(2. 13) formuladan va

$$U_r\,g'\;U=1\;g'\;(n=1) \qquad \textbf{(2.14)}$$

(2.14) formuladan ko'rinadiki, galvanometrdagi kuchlanish o'lchanayotgan kuchlanishdan (n=1) marta katta bo'ladi, demak, qo'shimcha qarshilik ulangan galvanometr yordamida o'zi o'lchashi mumkin bo'lgan kuchlanishdan (n=1) marta katta kuchlanishni o'lchash mumkin bo'ladi. Asbob shkalasining qiymati esa (nq1) marta ortadi. Agar *15* berilgan bo'lsa, tanlangan galvanometrga qancha qarshilik ulash kerakligi (2. 12) formula orqali va

$$U = NU_r \qquad \textbf{(2.15)}$$

dan foydalanib topiladi, ya'ni

$$U_r N = U_r (R_k / R_r + 1)$$

Oxirgi formuladan qo'shimcha qarshilik

$$R_k = (N-1)R_r \qquad \textbf{(2.16)}$$

ga teng ekanligini topamiz.

O'tkazgichlardagi potensiallar ayirmasini o'lchaydigan, voltlarda darajalangan katta qarshilikni galvanometrga voltmetr deyiladi. Agar galvanometr millivoltlarda darajalangan bo'lsa mikrovoltmetr deb yuritiladi.

Voltmetrlarni, ya'ni qo'shimcha qarshilik ulangan galvanometrlarni ham ikki usul bilan darajalash mumkin. Birinchi usulda avval darajalangan (etalon) voltmetr bilan darajalanadigan voltmetr parallel ulanadi va ularning ko'rsatishlari solishtiriladi. Ikkinchi usulda elektr yurituvchi kuch (e.yu.k.) ma'lum bo'lgan manbaga ulangan kuchlanish taqsimlagichdan qiymati ma'lum bo'lgan kuchlanish olinib, voltmetr darajalanadi. Bu usul bilan voltmetrni darajalash uchun manbaning e.yu.k. hamda uning qancha qismi voltmetrga olinayotganligi ma'lum bo'lishi kerak. Buning uchun qarshiliklar magazini olinib undan kuchlanish bo'lgich sifatida foydalaniladi.

Agar zanjirning voltmetrga ulangan qismi (masalan, 8-rasmning a qismi) ning, voltmetrning va AB qarshiliklar magazinining qarshiligi ma'lum bo'lsa, Om qonunidan va qismdagi kuchlanishni topish mumkin. Va qismdan o'tayotgan tok kuchi, voltmetrning qarshiligini hisobga olganda

$$I = \frac{U_{Ba}}{R_a} \qquad \textbf{(2.17)}$$

bu yerda,

$$R_a = \frac{R_{Ba} R_v}{K_{Ba} + R_v} \qquad \textbf{(2. 18)}$$

(2. 17) formula bilan ifodalangan tok AV dan ham o'tadi, u holda

$$I = \frac{U_{Ba}}{R_{AB}} = \frac{\varepsilon}{R_{AB}} \qquad \textbf{(2.19)}$$

(2. 17) va (2. 19) ifodalarni tenglashtirib

$$\frac{U_{Ba}}{R_a} = \frac{\varepsilon}{R_{AB}} = \frac{R_{Ba} + R_v}{R_{Ba} R_v} U_{Ba} \qquad \textbf{(2.20)}$$

ni qiymatini topamiz:

$$U_{Ba} = \frac{R_{Ba} R_v}{R_{Ba} + R_v} \cdot \frac{\varepsilon}{R_{BA}} \qquad \textbf{(2.21)}$$

Odatda voltmetrlar zanjirga parallel ulangani uchun ularning qarshiligi juda katta (~10000 Om) qilinadi. Shuning uchun voltmetrdan juda kuchsiz tok o'tadi, bu tokni esa zanjirni hisoblashda hisobga olmasa ham bo'ladi. Demak $R_v \to \infty$ bo'lsa, (2. 21) formuladan U_{BA} uchun

$$U_{Ba} = \frac{R_{Ba}}{R_{AB}} \varepsilon \qquad \textbf{(2.22)}$$

bu yerda, $\mathbf{R_{Ba}}$-$\mathbf{U_{Ba}}$ kuchlanish o'lchanayotgan qismning qarshiligi. (2.22) formula yordamida voltmetr **AB** qarshilikning ixtiyoriy qismiga ulanganda ham uning ko'rsatishini aniqlash mumkin.

Kerakli asbob va materiallar: tok manbai (akkumulyator),kuchlanish bo'lgich, kuchlanish o'lchaydigan asboblar, kalit, ulagich simlar.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1. Galvanometr, millivoltmetr, voltmetrlarni ketma-ket olib, 1-mashqning 2-5 punktlari takrorlanadi.

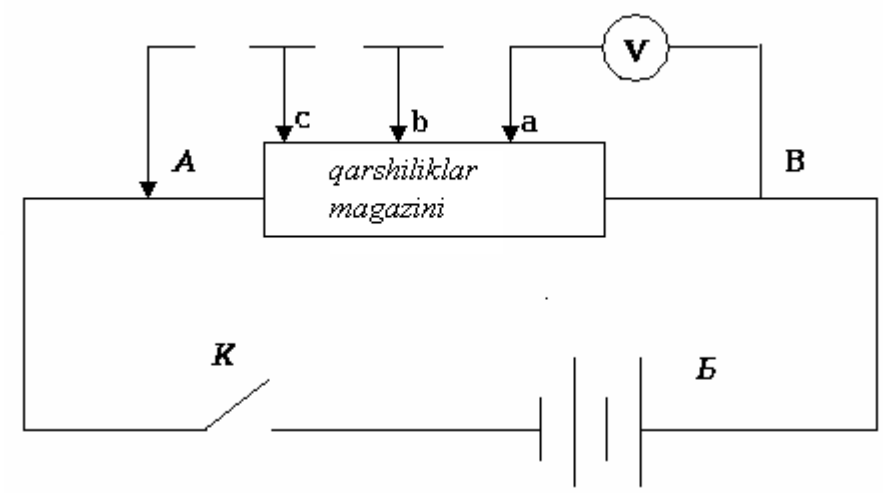
2. O'qituvchining ko'rsatmasi bo'yicha 1-5 volt kuchlanishni o'lchash uchun mo'ljallangan (galvanometrdan) voltmetr tayyorlanadi. Buning uchun (2.16) *formula yordamida qo'shimcha qarshilikning kattaligi topiladi.*

3. Hisoblangan qo'shimcha qarshilik galvanometrga ulanadi.

4. Tayyorlangan voltmetrni darajalash uchun 8-rasmda keltirilgan elektr sxema tuziladi va o'rganiladi.

Diqqat! Kuchlanish o'lchaydigan barcha asboblar zanjirga parallel ulanadi.

5. Voltmetr qanday kattalikdagi kuchlanishni o'lchash uchun mo'ljallanganligi (darajalanishi)ga qarab qarshiliklar magazinidan umumiy qarshilik tanlanadi.



8-rasm.

6. *K* Kalit ulanmasdan voltmetr strelkasining vaziyati belgilab olinadi, strelkaning bu vaziyati belgilab olinadi, strelkaning bu vaziyati voltmetrning noli bo'ladi.

7. K kalit ulanib, qarshiliklar magazinidan qarshilikning qiymatini orttira borib, unga mos kelgan voltmetr shkalasining bo'limlari yozib boriladi. Agar shkala chizib qo'yilgan bo'lsa, qarshilik shunday tanlanishi kerakki, voltmetrning strelkasi shkalaning aniq bo'limiga to'g'ri kelsin.

8.Tajriba qarshilikni kamaytirib ham bajariladi va 2-3 marta takrorlanadi.

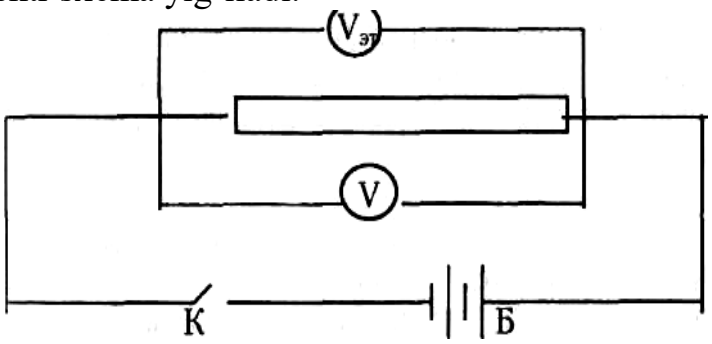
9. Olingan va (2. 21) formula yordamida hisoblangan natijalar 2-jadvalga yoziladi

2 –jadval.

№	Ortishi uchun				Kamayishi uchun		12-band uchun
	$R_{AV,}$ M	$R_{va,}$ OM	ε, B	U_{va} V	$R_{va,}$ OM	U_{va} V	U_{va} V

10. Jadvaldan foydalanib $U = f(N)$ bog'lanish grafigi millimetrli qog'ozga chiziladi. Grafik chiziqli bo'lsa, voltmetr shkalasining bitta bo'limining qiymati topiladi.

11. 9- rasmdagi elektr sxema yig'iladi.



9-rasm.

12. U_{ET}-etalon voltmetr yordamida tekshirilayotgan volt-darajalanadi va avvalgi usulda topilgan qiymatlari bilan solishtiriladi. Bu usulda topilgan U_{BA} ning qiymatlari ham 2 - jadvalga yoziladi.

3 – mashq. Vattmetrni o'rganish.

Ishning maqsadi: Vattmetrning ishlash prinsipi, texnik xarakteristikasi bilan tanishish hamda uning yordamida elektr zanjirdagi quvvatni o'lchashni o'rganish.

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Vattmetr elektr zanjirdagi quvvatni o'lchaydigan asbob bo'lib, asosan elektrodinamik sistemada ishlaydi. Ma'lumki, elektrodinamik sistemadagi qurollar bittasi qo'zg'aluvchan, ikkinchisi qo'zg'almas ikkita tokli g'altakning o'zaro ta'siriga asoslangan. G'altakning o'zagi va o'zaksiz bo'lishiga qarab bu asboblar o'zaksiz elektrodinamik va ferrodinamik elektr o'lchov asboblariga bo'linadi.

Vattmetrdagi qo'zg'almas g'altak elektr energiya iste'molchisiga ketma-ket ulanadi, hamma tok (I) shu g'altakdan o'tadi. Qo'zg'aluvchan galtak zanjirga parallel ulanadi. Bunda vattmetrning uchlaridagi kuchlanish iste'molchi qisqichlaridagi kuchlanishga teng bo'lishi kerak. Qo'zg'aluvchan g'altakdan qo'yilgan kuchlanishga proporsional I_2 tok o'tadi.

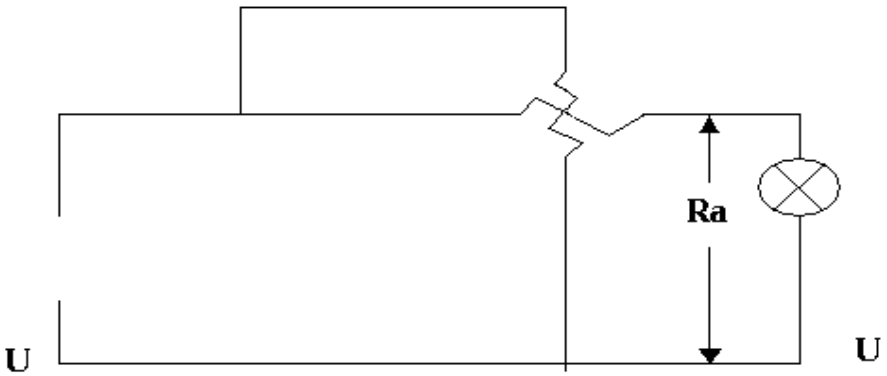
G'altaklarning o'zaro ta'sir kuchi ulardan o'tayotgan toklarga to'g'ri proporsional , ya'ni

$F = kI_1I_2$ bo'ladi. $I_2 = U/R_2$ bo'lganligidan

$$F = kI_1\frac{U}{R_2} = k_1UI_1 = k_1P \qquad \textbf{(2.23)}$$

K_2 bu yerda, R_2 - qo'zg'aluvchan g'altakning qarshiligi;

k_1 - proporsionallik koeffitsiyenti, g'altakning o'ramlar soniga va g'altaklarning o'zaro joylashishiga bog'liq. (2. 23) formuladan qo'zg'aluvchan g'altakning og'ish burchagi quvvatga proporsionalligini ko'rish mumkin. Shuning uchun bunday vattmetrlarning shkalasi tekis taqsimlangan bo'ladi. Vattmetr yordamida elektr toki quvvatini o'lchash uchun g'altaklar ikki xil variantda ulanishi mumkin. Agar qo'zg'aluvchan g'altak 10-rasmdagidek ulangan bo'lsa,



10-rasm.

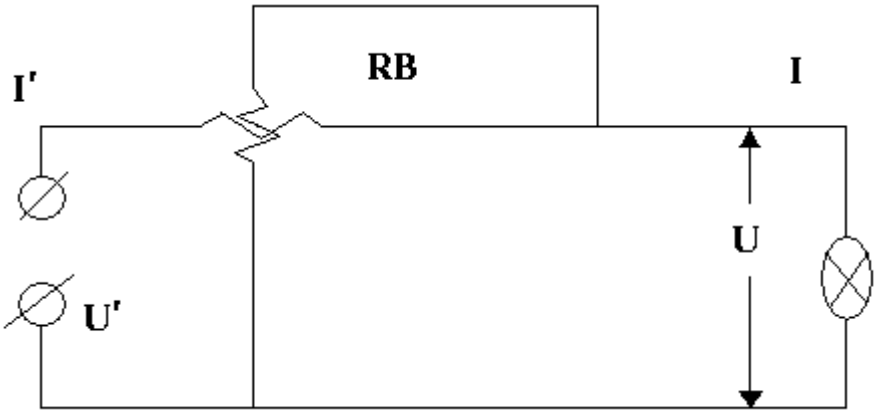
(bu yerda, R_a - qo'zg'almas g'altakning qarshiligi) u holda, vattmetr ko'rsatgan quvvat

$$P' = (U + IR_a)I = UI + I^2R_a = P + I^2R_a$$

Haqiqiy quvvat, ya'ni iste'molchida sarf bo'layotgan quvvat

$$P = P' - I^2R_a \qquad (2.24)$$

ga teng bo'ladi. Bu yerda, I^2R_a qo'zg'almas g'altakda sarf bo'lgan quvvat.
Agar qo'zg'aluvchan g'altak qo'zg'almas g'altakka 11- rasmdagidek ulangan bo'lsa,



11-rasm.

qo'zg'aluvchan g'altakning uchlaridagi kuchlanish iste'molchi qisqichlaridagi kuchlanishga teng. Iste'molchidagi I tok qo'zg'almas g'altakdagi I_G tokdan, qo'zg'aluvchan g'altakdan o'tayotgan tok kattaligiga teng qiymatga kam bo'ladi, ya'ni

$$I = I_F - i$$

Vattmetr ko'rsatadigan quvvat

$$P'' = U(I - i) = P + U^2 / R_B$$

bu yerda,

U_2 / R_B -qo'zg'aluvchan g'altakda sarf bo'lgan quvvat;

R_B - harakatlanuvchi g'altakning qarshiligi.

Ikkala holda ham vattmetrning ko'rsatishi haqiqiy quvvatdan katta bo'lar ekan, shuning uchun aniq o'lchashlarda vattmetr g'altaklarida sarf bo'layotgan quvvatlarni hisobga olish kerak . Shuni ham aytish kerakki, bu sarf faqat kam quvvatli zanjirlarda hisobga olinadigan darajada sezilarli bo'ladi.

Ko'pincha vattmetrlardan qo'zg'aluvchan g'altakning uchlaridan biri hamda qo'zg'almas g'altakning uchlaridan biri yulduz bilan belgilab qo'yiladi. Vattmetrni zanjirga to'g'ri ulash uchun shu qisqichlar o'tkazgich bilan to'g'ridan-to'g'ri tutashtirib qo'yiladi. Bu qisqichlarga elektr generatorning biror qisqichidan kelayotgan sim ulanadi, shuning uchun ularni generatorli qisqichlar deb ataladi.

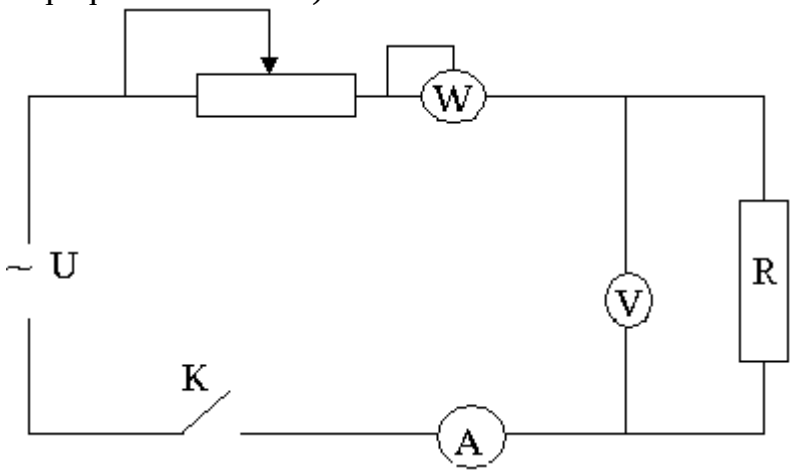
Elektrodinamik sistemada ishlovchi vattmetrlar ham o'zgaruvchan, ham o'zgarmas tok quvvatini o'lchashga imkon beradi.

Kerakli asbob va materiallar: Vattmetr. kuchlanish regulyatori, elektroplitka, ulagich simlar, ampermetr, voltmetr, kalit.

ISHNI BAJARILISH TARTIBI:

1. Turli sistemada ishlaydigan vattmetrning shkalasidagi shartli belgilar yozib olinadi. 1-mashqning 1-4 punktlari bajariladi.

2. 12 - rasmda keltirilgan elektr sxema o'rganiladi va tuziladi (I^* va U^* klemmalar ulagich sim bilan qisqa tutashtiriladi).



12-rasm.

3. Iste'molchiga kuchlanish regulyatori yordamida biror minimal kuchlanish beriladi. Ampermetr, voltmetr va vattmetrlarning ko'rsatishi 3 - jadvalga yozib olinadi.

4. Iste'molchiga berilayotgan kuchlanish ketma-ket orttirilib, 3 - band takrorlanadi.

5. Ampermetr va voltmetrlarning ko'rsatishidan foydalanib, (2.24) formuladan iste'molchi sarflayotgan quvvat topiladi va 3-jadvalga yoziladi. Bu usul bilan topilgan quvvat vattmetrdan yozib olingan quvvat bilan solishtiriladi.

3 – jadval

№	I, A	P_{α}, B_T	P_W, Bt	U,B

O'Z - O'ZINI SINASH UCHUN SAVOLLAR

1. Galvanometr deb qanday asbobga aytiladi?

2. Shunt va qo'shimcha qarshiliklardan mumkin, ularni galvanometrga ulanish

3. Shuntning qarshiligi va qo'shimcha qarshilikning kattaligi qanday topiladi?

4. O'lchov asboblarini darajalash, deb nimaga aytiladi?

5. Ampermetr, voltmetr va vattmetr qanday kattaliklarni o'lchashga imkon beradi?

6. Ixtiyoriy elektr o'lchov asbobining shkalasidagi belgilarni tushuntiring, shkalasining har bitta bo'limining qiymatini toping.

7. Ampermetr, voltmetr va vattmetrlarning zanjirga ulanish sxemasini chizing va tushuntiring.

3-LABORATORIYA ISHI
MAVZU:TARMOQLANGAN ELEKTR ZANJIRI QONUNIYATLARINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: Kirxgof qoidalari tarmoqlangan murakkab elektr zanjirlarni hsoblashni o'rganish.

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Ko'pchilik amaliy va texnik masalalarni hal etishda, o'zgarmas elektr toki murakkab tarmoqlang zanjirning qismlaridagi toklarning va kuchlanishlarning qiymatlarini aniqlashda, shu qismlardagi qarshiliklar, toklar va e.yu.k. larni o'zaro bog'lanishlaridan foydalanishga to'g'ri keladi. Ana shunday hisoblarni Kirxgof yengillashtiradi.

Kirxgofning birinchi qoidasi zanjirdan o'tayotgan tokning statsionarligi shartiga asoslangan. o'zgarmas tok o'tayotgan o'tkazgichning hech bir nuqtasida elektr zaryadlari to'planmasligi kerak. Kirxgofning qoidalarini ta'riflashdan avval, tugun tushunchasini kiritib olish zarur. Elektr zanjirining ikkitadan ortiq o'tkazgichlar uchrashadigan tarmoqlanish nuqtasiga tugun deb ataladi.

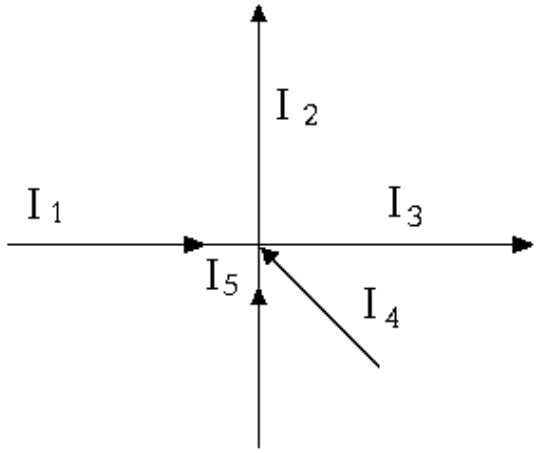
Tugunga kirayotgan va undan chiqayotgan toklarning algebraik yig'indisi nolga teng (1 -qoida):

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0 \qquad (3.1)$$

bu yerda, *k*- o'tkazgichlar soni ;

Odatda, tugunga kelayotgan toklarni musbat, undan ketayotgan toklarni esa manfiy ishora bilan belgilash qabul qilingan, masalan, 13-rasmdagi A tugunda uchrashayotgan tokli o'tkazgichlarga Kirxgofning 1- qoidasini tadbiq qilib yuqoridagi shartga ko'ra (1) ifodani quyidagicha yoyib yozish mumkin:

$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 + I_5 = 0 \qquad \textbf{(3.2)}$$



13-rasm.

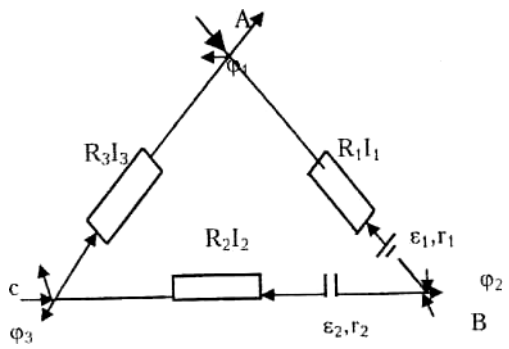
Kirxgofning 2-qoidasi Om qonunini tarmoqlangan elektr zanjir uchun umumlashtiradi va uning ta'rifi quyidagicha: Har qanday yopiq konturdagi potensiallar tushuvlarining algebraik yig'indisi shu konturdagi tok manbalari e.yu.k. larining algebraik yig'indisiga teng, ya'ni:

$$\sum_{k=1}^{n} I_k R_k = \sum_{k=1}^{n} \varepsilon k \qquad \textbf{(3.3)}$$

Shuni ta'kidlash zarurki, soat strelkasining harakat yo'nalishi bilan bir xil yo'nalishga ega bo'lgan toklarning ishorasi musbat, bu yo'nalishga teskari yo'nalgan toklarning ishorasi esa manfiy deb qabul qilingan.Kontur qismlaridagi tok manbalarining e.yu.k.larini musbat ishorali deb olish uchun ular soat strelkasining harakati yo'nalishidagi toklarni hosil qilishlari zarur.

Quyidagi konturni soat strelkasining yo'nalishi bo'yicha kuzataylik(*14-rasm*). Yuqorida aytilgan ishoralar qoidasidan foydalanib, bu konturga Om qonunini qo'llaymiz, ya'ni:

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon}{R + r} \qquad \textbf{(*)}$$



14-rasm.

(*) ga asosan 14-rasmdan

$$(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon_1 = -I_1R_1 - I_1r_1$$
$$(\varphi_2 - \varphi_3) + \varepsilon_2 = I_2R_2 + I_2r_2 \qquad \textbf{(3.4)}$$
$$(\varphi_3 - \varphi_1) = I_3R_3$$

bu yerda, $(\varphi_1 - \varphi_2)$ zanjirning AV qismidagi potensiallar farqi.

(3.4) tenglamalar sistemasini hadma-had qo'shib quyidagi tenglamani hosil qilamiz

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I_2R_2 + I_2r_2 + I_3R_3 - I_1R_1 - I_1r_1 \qquad \textbf{(3.5)}$$

(3.5) tenglama berilgan kontur uchun Kirxgofning 2-qoidasini ifodalaydi.

Umuman aytganda, Kirxgofning qoidalari o'zgaruvchan tok zanjiri uchun ham to'g'ri bo'ladi, lekin o'zgaruvchan tok kvazistatsionar tok bo'lishi kerak. Shuningdek, o'zgaruvchan tokka bu qoidalar qo'llanganda omik qarshilikdan tashqari, sig'im va induktiv qarshiliklarni ham hisobga olish zarur. Eslatma sifatida shuni aytish kerakki, 10^2 - 10^3 Gts chastotali toklarni ham kvazistatsionar toklar deb qarash mumkin.

Kerakli asbob va materiallar: ampermetr, voltmetr, akkumulyator batareyalari, ulagich simlar, kalit, kalitlar, reostatlar.

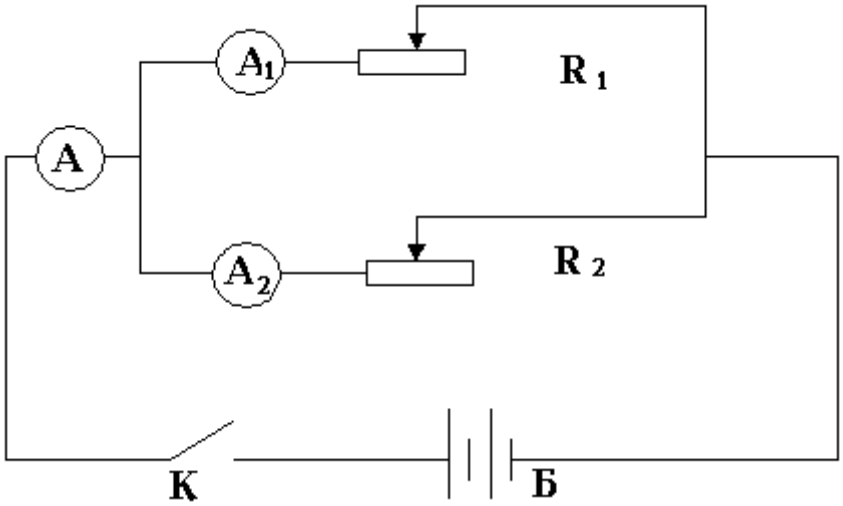
ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1 - mashq. Kirxgofning birinchi qoidasini tekshirish.

Ishning elektr sxemasi o'rganiladi (15-rasm).

2. K_1 va K_2 reostatlar dastlab eng katta qarshilikka qo'yilib, K kalit zanjirga qo'shiladi va o'lchov asboblarining ko'rsatishlari yozib olinadi.

3. Reostatlardan navbati bilan ma'lum qarshiliklarni tanlab bir necha natija olinadi, so'ngra K kalit zanjirdan ajratiladi.



15-rasm.

4. Kirxgofning birinchi qoidasi ($I = I_1 + I_2$) to'g'riligiga ishonch hosil qilinadi.

5. Har bir o'lchangan hol uchun qarshilik $R_i = U / I_i$ va elektr o'tkazuvchanlik $G = 1/R_i$ hisoblanadi.

Olingan va hisoblangan natija 4-jadvalga yoziladi.

4 – jadval

№	I1, A	I2,A	I0,A	I=I1=I2,A	ħI=I0-I,A

2-mashq. Manbaning e.yu.k. ni kompensatsion usul bilan aniqlash.

Metall o'tkazgichda elektronlar va kristall panjaralar tugunchalaridagi ionlar yuzaga keltirgan elektrostatik maydon yoki Kulon kuchlarining maydoni mavjud bo'ladi. Lekin bu maydon elektronlarning tartibli harakatining sababi bo'la olmaydi, chunki bu kuchlarning berk kontur bo'ylab bajaradigan ishi nolga teng. Berk zanjirdan tok o'tib turishi uchun kontur bo'yicha bajaradigan ishi noldan farqli biror tashqi kuch bo'lishi kerak, bu kuch zaryadli zarralarni xok manbai ichida harakatga keltiradi. Zaryad miqdori bo'lgan holda, bu kuchning bajargan ishi $A = \varepsilon \cdot q$ (3.6) ga teng bo'ladi. Bu yerda, ε^*-manbaning elektr yurituvchi kuchi bo'lib, u tok manbai tashqi kuchlari ta'sirining o'lchovidir.

(3.6) formuladan

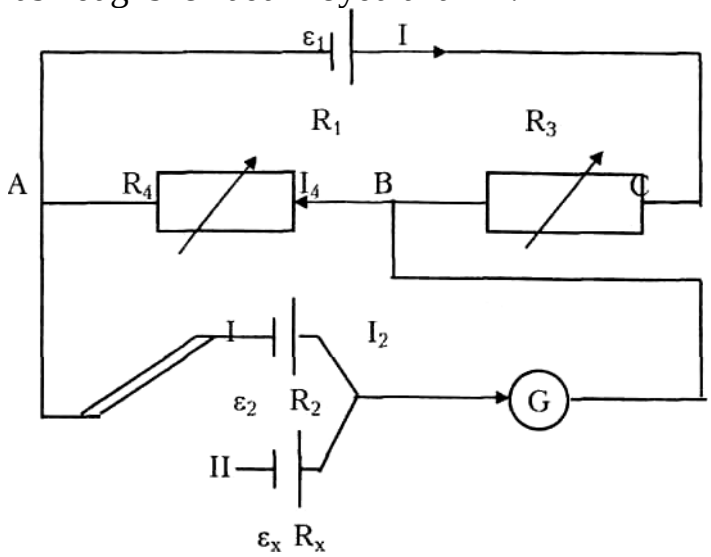
$$\varepsilon = A / q \qquad \textbf{(3.7)}$$

Manba e.yu.k. miador jihatidan tashqi kuchlarning bir birlik musbat zaryadni berk zanjir bo'ylab ko'chirishda bajargan ishini xarakterlaydi, Berk zanjir uchun Om qonuniga asosan

$$\varepsilon = IR + Ir \qquad \textbf{(3.8)}$$

E. yu. k. berk zanjirning ichki (g) va tashqi (R) qarshiligida potensiallar tushuvlari yig'indisiga teng. Agarda tashqi qarshilik ichki qarshilikdan juda kichik bo'lsa, ya'ni g >> R bo'lsa, E >> U bo'ladi. Bu holat manbaning qisqa tutashuvi deb yuritiladi. Agarda R >> g bo'lsa, ya'ni zanjir uzilgan bo'lsa, manbaning e.yu.k. uning qutblaridagi potensiallar farqiga (kuchlanishga) teng bo'ladi. $(E = U)$ Bundan ko'rinadiki, tashqi zanjir manbaiga qo'shilmagan vaqtda voltmetr bilan

manbaning qutblari orasidagi kuchlanishni o'lchab manbaning e.yu.k. ni aniqlash mumkin. E.yu.k. ni aniqlashning boshqa usullari ham mavjud, masalan, ma'lum qarshilik usuli va kompensatsiya usuli.Laboratoriyada manbaning e.yu.k. ni aniq o'lchash uchun kompensatsiya usulidan foydalaniladi. Kompensatsiya usuli Kirxgofning qoidalariga asoslangan bo'lib, quyida biz shu usulni ko'rib o'tamiz, buning uchun esa 16-rasmdagi sxemadan foydalanamiz.



16-rasm.

Kirxgofning birinchi qoidasiga asosan A tugun uchun

$$I = I_4 - I_2 \qquad \textbf{(3.9)}$$

Kirxgofning 2 - qoidasiga asosan A ε_1 SVA kontur uchun

$$\varepsilon_1 = IR_1 + IR_3 + I_4R_4 \qquad \textbf{(3.10)}$$

$AB\varepsilon_2A$ kontur uchun esa

$$\varepsilon_2 = I_2R_2 + I_4R_4 \qquad \textbf{(3.11)}$$

R_3 va R_4 qarshiliklarni shunday tanlaymizki, galvanometrdan o'tayotgan tok nolga teng bo'lsin, ya'ni, $I_2 = 0$ u holda

(3.9) formuladan $I = I_4$

(3.10) formuladan $$\varepsilon_1 = I(R_1 + R_3 + R_4) \qquad \textbf{(3.12)}$$

(3 .11) formuladan $$\varepsilon_2 = I_4R_4 = IR_4 \qquad \textbf{(3.13)}$$

(3.12) , (3.13) ifodalarni hadma -had bo'lib

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{R_4}{R_1 + R_3 + R_4}, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_1 \frac{R}{R_1 + R_3 + R_4} \qquad \textbf{(3.14)}$$

ni hosil qilamiz. Endi P kalit II - holatga qo'yib e.yu.k. noma'lum bo'lgan tok manbaini zanjirga ulaylik. Bu holda ham qarshiliklar magazinidan qarshiliklar tanlab, galvanometr strelkasi shkalaning noliga keltiriladi, bu holda tanlangan qarshilikni R_x *deb* ε_x uchun

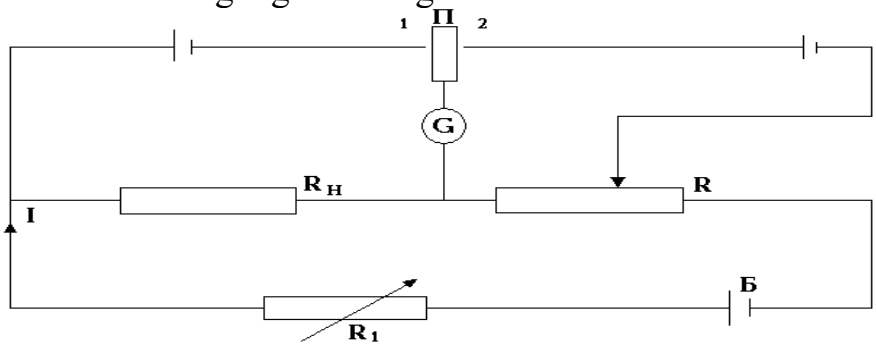
$$\varepsilon_x = \varepsilon_1 \frac{R_x}{R_1 + R_3 + R_4} \qquad \textbf{(3.15)}$$

formulani olamiz.
(3.14) va (3.15) ifodalarni hadma - had bo'lib,

$$\varepsilon_x = \varepsilon_2 \frac{R_x}{R_4} \qquad \textbf{(3.16)}$$

ifodani hosil qilamiz.

Shunday qilib, elementlarning e.yu.k. larini taqqoslash amalda kompensatsion usuldan foydalanib topilgan ikki qarshilikni solishtirishdan iborat bo'lar ekan. (3.16) dan ko'rinadiki, ε_1 yordamchi manba e. yu. k. ni o'lchash uchun kerak emas, lekin u o'lchash vaqtida o'zgarmas bo'lishi kerak, shu bilan birga ε_2 *va* ε_x larning qiymatidan katta bo'lishi kerak.Kompensatsion usul bilan o'lchash olib borilganda ε_2 manba sifatida normal element ishlatiladi, chunki uning e.yu.k. katta aniqlikda aniqlangan bo'ladi. Kompensatsion usul bilan ishlaydigan asboblarni potensiometrlar deyiladi. Ular o'zgarmas va o'zgaruvchan tok bilan ishlaydigan potensiometrlarga bo'linadi. Biz o'zgarmas tok potensiometri bilan ish ko'ramiz. O'zgarmas tok potensiometrlari yordamida o'lchash usuli quyidagicha bo'ladi. Avvalo potensiometr uchun ma'lum bir ishchi tokning qiymati tanlanadi. buning uchun (17-rasm) kalit P birinchi holatgaqo'yiladi va R_1 qarshilik galvanometr tok o'tmayotgan holatni ko'rsatgungacha o'zgartiriladi.



17-rasm.

Bu holat $\varepsilon_H = IR_H$ **(3.17)**

bo'lganda yuz beradi. Shu formuladan potensiometrning ishchi okini topish mumkin. Sxemadagi belgilar: ε_H-normal elementning e.yu.k.; ε_x- o'lchanadigan e. yu. k. B - yordamchi tok manbai; R_1- reostat; R_H- namunali rezistor, uning qarshiligi potensiometrning ishchi toki I va normal elementning ε_H e.yu.k. lariga bog'liq holda tanlanadi.Ishchi tok aniqlangandan so'ng, P kalit 2-holatga qo'yiladi. K qarshilikni o'zgartirib galvanometrdan o'tayotgan tokning qiymati nolga keltiriladi. Bu esa R qarshilikning biror qiymatida bo'ladi. U holda

$$\varepsilon_x = IR_x \qquad \textbf{(3.18)}$$

(3. 17) va (3.18) dan

$$\varepsilon_x = \varepsilon_H \frac{R_x}{R_H} \qquad \textbf{(3.19)}$$

Hozirgi vaqtda sanoatda vazifalariga qarab turlicha o'zgarmas tok potensiometrlari ishlab chiqarilmoqda. Shulardan R-304 tipidagi o'zgarmas tok potensiometridan foydalanamiz.

***Kerakli* asbob va materiallar:** R-304 tipidagi o’zgarmas tok potensiometri, akkumulyator, galvanometr, normal element, quruq batareya, tekshiriluvchi elementlar, ulagich simlar.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI:

1. Potensiometr instruksiyasi bilan tanishiladi, so’ngra u ishga tayyorlanadi, buning uchun:

a) yordamchi batareya " B " klemmalarga ulanadi;

b) normal element "NE" klemmalarga ulanadi.

2. E.Yu.K. o’lchanadigan elementning mos qutblari potensiometrning " X " (1 va 3) qisqichiga ulanadi.

3. Kalit "NE-1-M" "NE" holatga qo’yiladi.

4. Avval " 403 k Ω." va "0" knopkalar qo’shilmagan (knopka bosilmagan) holda, so’ngra esa ularni navbat bilan qo’shib normal element bo’yicha potensiometrning ishchi toki aniqlanadi.

5. Knopkalar bo’shatiladi va " NE-1- M " kaliti "I" holatga qo’yiladi, potensiometrda o’lchanayotgan E.Yu.K.ning taxminiy qiymati tanlanadi.

6. Avval " 403 kΩ" knopkasini, so’ngra "0" knopkasini bosib, 1-V dekadalarni aylantirish yo’li bilan galvanometrning strelkasi nol holatga keltiriladi (strelka tebranib tursa, "uspok " knopkasi bosilib tinchlantiriladi).

7. O’lchanayotgan e.yu.k. ning qiymati $U = 0{,}1\,N, mV$ formula orqali hisoblanadi, bu yerda, N - potensiometr dekadalari bo’yicha hisoblanadigan son.

8.O’lchangan va hisoblangan natijalar 5-jadvalga yoziladi.

5-jadval

E.yu.k. o’lchanayotgan elementning tipi	№	N	U,B	$\Delta U, B$	$\Delta U / U 100\%$

SINOV SAVOLLARI.

1. Kirxgof qoidalari qanday ta’riflanadi?
2. Qarshilikni ketma-ket va parallel ulaganda umumiy qarshilik nimaga teng? Ulash sxemasini chizing.
3. Noma’lum qarshilikni aniqlashning qanday usullarini bilasiz?
4. Batareyalarni ketma-ket va parallel ulaganda tok va kuchlanish mos ravishda qanday o’zgaradi? Ulash sxemasini chizing.
5. Manbaning F.I.K. qanday aniqlanadi?

b. E.Yu.K deb nimaga aytiladi?

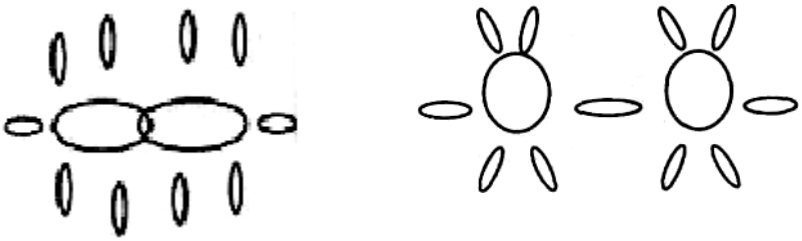
4-LABORATORIYA ISHI
MAVZU:MISNING ELEKTROKIMYOVIY EKVIVALENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Eletrolitlarda elektr tokining tabiatini, Faradeyning elektroliz qonunlarini o'rganishdan va misning elektrokimyoviy ekvivalentini tajribada aniqlashdan iborat.

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHALAR

Oddiy sharoitda distillangan suv, kerosin, mineral moylar dielektriklar jumlasiga kiradi. Tuzlar, kislotalar va ishqorlarning suvdagi eritmalari elektr o'tkazuvchanlik xossasiga ega bo'lib, ular elektrolitlar yoki ikkinchi jins o'tkazgichlar, deb ataladi.

Elektrolitlar elektr tokini ionlar vositasida o'tkazadi, ya'ni bu yerda zaryad tashuvchilar musbat va manfiy ionlardir. Tuz, kislota va ishqorlarning erish protsessida suvning molekulalari ularning molekulalarini qurshab oladi, natijada elektrostatik induksiya hodisasiga asosan, qurshovdagi molekulada zaryad taqsimoti yuzaga keladi. Bu esa ionlar orasidagi tortishish kuchini susaytiradi, molekula ionlarga ajraladi (18-rasm). Bu xodisa elektrolitik dissotsiatsiya deyiladi.



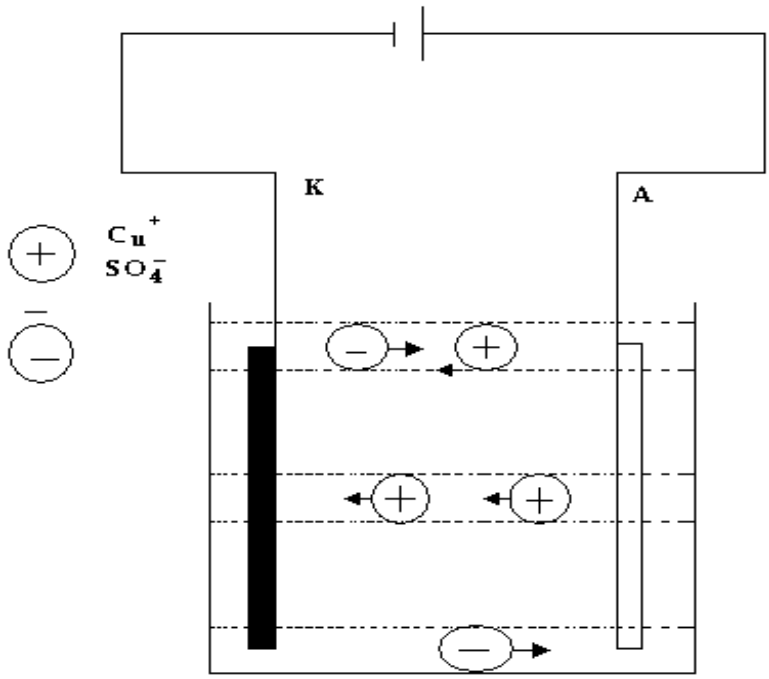
18-rasm.

Uni miqdoriy harakterlash uchun dissotsiatsiya darajasi, ya'ni erigan modda molekulalarning ionlarga ajraladigan ulushi degan fizik kattalik kiritiladi. Dissotsiatsiya darajasi eritmaning temperaturasiga va erituvchining dielektrik kirituvchanligiga bog'liq. Agarda elektrolit eritmasiga ikkita elektrod (metall yoki ko'mir) tushirib, ularni doimiy kuchlanish manbaiga ulansa, elektrodlar orasida elektr maydoni hosil bo'ladi. Tartibsiz issiqlik harakatida bo'lgan ionlar maydon ta'sirida maydon kuchlanganlik chiziqlari yo'nalishida harakatlana boshlaydi. Ionlarning ana shu harakati tufayli elektr toki hosil bo'ladi. Eritmaning manfiy ionlari (anionlar) musbat elektrod anodga, musbat ionlari (kationlar) esa manfiy elektrod katodga yetib borib, zaryadlarini neytrallaydi. Masalan, anionlar anodga o'zining ortiqcha elektronlarini beradi, bu elektronlar esa tashqi zanjirga o'tadi va unda batartib harakati tufayli tok hosil qiladi. Elektrolitdan tok o'tganda uning tarkibidagi moddalarning elektrodlarda ajralish protsessi elektroliz deb ataladi.

Elektrodlar orasida hosil bo'lgan maydon ta'sirida musbat zaryadli ionlar K katodga keladi, unga o'z zaryadini berib, neytrallangan zarracha holida ajraladi.

Mis kuporosi orqali biror vaqt oralig'ida tok o'tkazilib, ko'mir katodning sirtida mis qatlami hosil bo'lganligini ko'rish mumkin. Bundan esa eritma mis ionlari haqiqatdan ham musbat zaryadlanganligiga ishonch hosil qilish mumkin.

Dissotsiyalangan $SiSO_4$ molekulasining qolgan qismi, ya'ni SO_4 gruppa manfiy ionlar hosil qiladi. Demak, mis kuporosi molekulalari eriyotganda misning musbat Cu^{++} ionlarga va manfiy SO_4^{--} ionlarga parchalanar ekan, ya'ni



19 - rasm.

$$CuSO_4 \rightarrow Cu^{++} + SO_4^{--}$$

Misning musbat ionlari katodga kelib mis atomlari sifatida ajraladi, SO_4^{--} ning manfiy ionlari anodga kelib, anod mis bo'lganligi sababli , u bilan reaksiyaga kirishadi va qaytadan mis kuporosi molekulasini hosil qiladi:

$$SO_4 + Cu \rightarrow CuSO_4 + 2e$$

bu yerda, 2e -anodga o'tgan elektron. Bu reaksiya natijasida idishdagi mis kuporosining miqdori o'zgarishsiz qoladi.

Elektroliz hodisasining ikkita qonuni bo'lib, bu qonunlarning kashfiyotchisi ingliz fizigi M. Faradey nomi bilan yuritiladi.

Faradeyning birinchi qonuni quyidagicha ta'riflanadi:

Elektroliz vaqtida elektroddan ajralib chiqqan moddaning massasi tok kuchiga, tokning o'tib turish vaqtiga to'g'ri proporsional:

$$m = kIt \qquad \textbf{(4.1)}$$

$q = It$ formuladan foydalanib (4.1) ifodani quyidagicha yozish mumkin

$$m = kq \qquad \textbf{(4.2)}$$

bu yerda, k - moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti deb atalib, moddaning kimyoviy tuzilishigagina bog'liq. Bu koeffitsienti son jihatidan elektrolitdan I Kl elektr zaryadi o'tganda ajralib chiqqan modda massasiga teng bo'ladi. Uning o'lchov birligi kg/Kl va mg/Kl.

Faradeyning ikkinchi qonuni elektrokimyoviy ekvivalent bilan dissotsiatsiyalanuvchi molekulalar tarkibidagi atomlarning atom (molyar) massasi va valentligi orasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Agar atomning valentligini Z bilan, atom massasini A bilan belgilab A ning Z ga nisbati olinsa, moddaning kimyoviy ekvivalenti hosil bo'ladi. Kimyoviy ekvivalent molga kilogramm (kg/mol) hisobida o'lchanadi.

Birinchi qonunga asoslanib, **moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti *k* kimyoviy ekvivalent A / Z ga proporsionaldir,** degan xulosa chiqarish mumkin. Bu ta'rif Faradeyning ikkinchi qonunini ifodalab, quyidagicha yoziladi:

$$k = cA/Z \qquad \textbf{(4.3)}$$

bu yerda, C - moddaning tabiatiga bog'liq bo'lmagan proporsionallik koeffitsenti bo'lib, son jihatidan $c = 1/F$ ga teng; F- Faradey soni, $F = 96495 Кл/гр$, ekv.

Faradeyning birinchi va ikkinchi qonunlarini umumlashtirib yozish ham mumkin, ya'ni

$$m = (A/Z)(q/F) \qquad \textbf{(4.4)}$$

formuladan ko'rinadiki, $q = F$ bo'lganda $m = A/z$ ga teng. Agarda har qanday elektrolitdan Faradey soniga teng miqdorda zaryad o'tsa, har bir elektrodda I ga ekv modda ajraladi . (4.4) formuladan Faradey soni

$$F = (A/Z)(q/m)$$

yoki

$$F = (A/Z)(It/m) \qquad \textbf{(4.5)}$$

(4.5) yordamida *I,t,m* larni tajribada aniqlab, A va Z larni jadvaldan olib, Faradey sonining qiymatini ham topish mumkin.

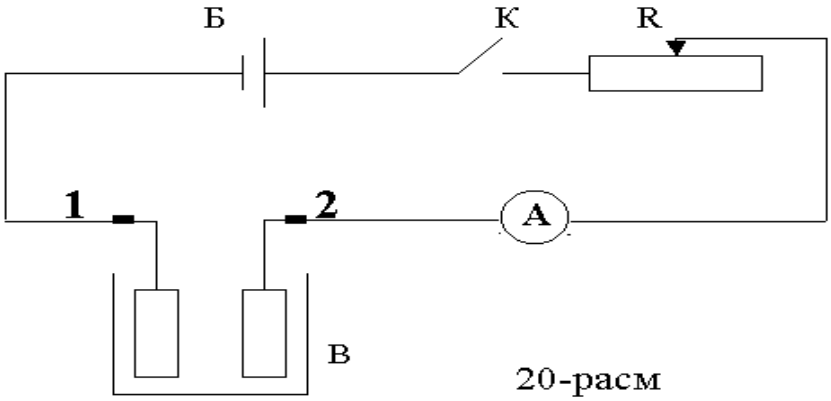
Kerakli asbob va materiallar: mis voltmetri, ampermetr, reostat, kalit, ulagich simlar, eritma va suv uchun idishlar, quritgich, tarozi va toshlar, elektrodlar, turli eritmalar, jilvir qog'oz.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

I . 20 - rasmda keltirilgan elektr sxema o'rganiladi.

2. Katod vazifasini bajaruvchi mis (yoki ko'mir) elektrod jilvir qog'oz bilan tozalanadi.

3. Vanna V ga eritma (to'tiyo eritma - $SuSO_4$) qo'yiladi.



20-расм

4. Elektrodlar eritmaga tushiriladi va K kalitni ulab, reostat yordamida tok kuchi I A tanlab olinadi. Dastlabki paytda elektrolit temperaturasining o'zgarishi bilan zanjirdagi tok o'zgarib ketishi mumkin, shuning uchun 5-6 minut kutib, tok kuchining dastlabki qiymati qayta tiklanadi.

5. Reostat surilgichiga tegmagan holda, K kalit uziladi .

6. Katod plastinkani elektrolitdan chiqarib, suv bilan chayiladi va quritgichda (pechda) quritiladi, so'ngra analitik tarozida tortib, m_1 massani aniqlanadi.

7. Elektrodlar qaytadan vannaga tushirilib, K *kalit ulanadi va bir vaqtning o'zida sekundomer yurgiziladi.*

8. 30-40 minutlardan so'ng kalitni uzib, sekundomer to'xtatiladi.

9. Katod elektroliddan chiqarilib, distillangan suv bilan chayiladi va quritgichga qo'yib quritiladi.

10. Katodning keyingi massasi m_2 topiladi. Katodga o'tirgan misning massasi $m = m_2 - m_1$ formuladan topiladi.

11. O'lchash natijalaridan foydalanib, $k = m / It$ formuladan misning elektrokimyoviy ekvivalenti hisoblanadi.

12. (4.5) ga asosan Faradey soni va elektronning zaryadi $e = F / N_A$ hisoblanadi, tajriba 2-3 marta takrorlanadi.

13. O'lchangan va hisoblangan natijalar 6-jadvalga yoziladi.

6-jadval.

№	m1,kg	m2,kg	m, kg	I, A	t,s	k, kg / Kl	F,Kl / kg-ekv	e,Kl

O'z-o'zini sinash uchun savollar

1.Elektrolitik dissotsiatsiya hodisasini tushuntiring.

2.Elektrolitlarda elektr tokining tabiati qanday?

3.Elektrokimyoviy va kimyoviy ekvivalent nima ?

4.Faradey sonining fizik ma'nosini tushuntiring.

5-LABORATORIYA ISHI
MAVZU:O'TKAZGICHLAR QARSHILIGINING TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: Metallar, elektrolitlar va yarim o'tkazgichlar qarshiligining temperaturaga bog'lanish qonuniyatlarini o'rganish.

1-mashq. Metallar qarshiligining temperaturaga bog'liqligini o'rganish.

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Birinchi jins o'tkazgich hisoblangan metallar kristall panjaralardan tuzilgan bo'lib, bu panjaralarning tugunlarida ionlar joylashgan bo'ladi. Tugunlar oralig'ida esa erkin elektronlar harakat qiladi. O'tkazgichning tarkibiga
lektronlardan tashqari yana zaryadlangan zarrachalar va boglangan zaryadlar kiradi. Metallardagi erkin elektronlar hamma yo'nalishlar bo'yicha bir xil tartibsiz harakat kiladi. O'tkazgich tashqi elektr maydoniga qo'yilganda elektronlar bu maydon ta'sirida tartibli harakat qila boshlaydi. Ularning harakat yo'nalishi qo'yilgan tashqi maydon yo'nalishiga qaramaqarshi bo'ladi. Vakuumda erkin elektronlar elektr maydoni ta'sirida tezlanishli harakat kilgan bo'lar edi, metall ichida esa o'rtacha tezlik bilan harakat qiladi, chunki kristall panjaralari tugunlarida tebranma harakatda bo'lgan ionlar bilan o'zaro ta'siri natijasida tartibli harakat energiyasining bir qismini ularga beradi. SHunday qilib, o'tkazgich ichidagi ionlar erkin zaryadlarning tartibli harakatiga to'sqinlik qiladi. O'tkazgichning bu xossasini xarakterlovchi kattalik uning elektr qarshiligi deb ataladi.

Erkin elektronlar o'tkazgich ichida qancha ko'p kristall tugunlari ta'siriga duch kelsa, uning harakatiga qarshilik shuncha katta bo'ladi, ya'ni qarshilik o'tkazgichning uzunligi L ga to'g'ri proporsional bo'lishi kerak. Haqiqatan ham o'tkazgich qancha uzun bo'lsa, to'qnashishlar shuncha ko'p bo'ladi. Bu to'qnashishlar, albatta, mexanik to'qnashishlar emas, balki erkin va bog'langan zaryadlar maydonlarining o'zaro ta'sirlashuvidir. O'zaro ta'sirlashuv natijasida o'tkazgichning kristall panjarasi qisman "buziladi". Hozirgi zamon nazariyalari xuddi shu kristall strukturasining "buzilishi" zaryadlarning tartibli harakat energiyasining sochilishiga olib keladi deb tasdiqlaydi. O'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi ortishi bilan bu "buzilish" chegarasi kamayadi. SHuning uchun o'tkazgichning qarshiligi uning ko'ndalang kesim yuziga teskari proporsional bo'lishi kerak. U holda

$$R = \rho \frac{L}{S} \qquad \textbf{(5.1)}$$

bu yerda, r - proporsionallik koeffitsienti bo'lib, o'tkazgichning solishtirma qarshiligi deb yuritiladi, u o'tkazgich materialining xossasiga bog'liq.

Agarda $L = 1$ *ва* $S = 1$ bo'lsa, R son jihatdan ρ ga teng bo'ladi. Solishtirma qarshilik SI Cistemasida OMmetr (Om-m)larda o'lchanadi.

Solishtirma qarshilikka teskari bo'lgan kattalik solishtirma elektr o'tkazuvchanlik deyiladi, ya'ni $\sigma = 1/\rho$ Metallarning elektron nazariyasiga asosan

$$\sigma = \frac{ne^2}{2m\overline{U}} I \qquad \textbf{(5.2)}$$

bu yerda, *n* - erkin elektronlarning birlik hajmidagi kontsentratsiyasi;
e, *m* - mos ravishda elektronning zaryadi va massasi;
u - elektronlarning betartib (xaotik) harakatining o'rtacha tezligi.
Elektron nazariyaga asosan bitta elektronga (bitta atomga) to'g'ri kelgan energiya

$$E = \frac{3}{2} kT \qquad \textbf{(5.3)}$$

Metallarning elektr o'tkazuvchanligi faqat elektronlar yordamidagina amalga oshiriladi, deb hisoblab, gazlar kinetik nazariyasiga asosan issiqlik o'tkazuvchanlik

$$x = (1/3) I u n c_e \qquad \textbf{(5.4)}$$

ga teng ekanligi aniqlangan.

Bu yerda , *1* - elektronlarning o'rtacha erkin chopish yulining uzunligi;
s_e - bitta elektronga to'g'ri kelgan issiqlik sig'imi.
(5.2), (5.3) va (5.4) dan va $c_e = \frac{3}{2} k$ ekanligini hisobga olib,

$$x / \sigma = 3(k / e)^2 T \qquad \textbf{(5.5)}$$

ni hosil qilamiz, demak o'tkazgichning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining solishtirma elektr o'tkazuvchanligiga nisbati hamma metallar uchun bir xilda bo'lib absolyut temperaturaga to'g'ri proporsionaldir. Bu ifoda Videman-Frants qonuni deb ataladi.

(5.5) ifodadan $\rho = 1/\sigma$ ekanligini hisobga olib, solishtirma qarshilik uchun quyidagi ifodani topamiz:

$$\rho = (3/x)(k/e)^2 T \qquad \textbf{(5.6)}$$

(5.6) formuladan ko'rinadiki, o'tkazgich zarrachalari bilan erkin zaryadlarning o'zaro ta'siri o'tkazgichning temperaturasiga bog'liq ekan. Amalda bu bog'lanishni harakterlash uchun qarshilikning temperatura koeffitsienti deb atalauvchi fizik kattalik kiritiladi. Bu kattalik temperatura bir birlikka ortganda solishtirma qarshilik qancha ortishini ko'rsatadi.

Agar $t_0 = 0^0\ C$ temperaturadagi solishtirma qarshilikni ρ_0 bilan, ixtiyoriy t temperaturadagi solishtirma qarshilikni ρ bilan belgilasak, o'tkazgichning temperaturasini 0°C dan t gacha orttirganda uning solishtirma qarshiligining o'zga rishi ρ - ρ_0 ga teng bo'ladi, u holda qarshilikning temperatura koeffitsienti

$$a = (\rho - \rho_0) / \rho_o t \qquad \textbf{(5.7)}$$

ko'rinishda bo'ladi. Bu yerdan

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha t) \qquad \textbf{(5.8)}$$

Demak, solishtirma qarshilik qarshilikning temperatura koeffitsienti o'zgarmaganda temperatura bilan chiziqli bog'langan. (5.8) dan foydalanib t_0 uchun (5.1) ni hisobga olgan holda qarshilikni temperaturaga bog'liqligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$R = \rho_0 (1 + \alpha t)(I / S) = Ro(1 + \alpha t) \qquad \textbf{(5.9)}$$

Metallning ikkita t_1 va t_2 temperaturadagi qarshiligi

$$R_1 = Ro(1+\alpha t_1) \qquad \textbf{(5.10)}$$

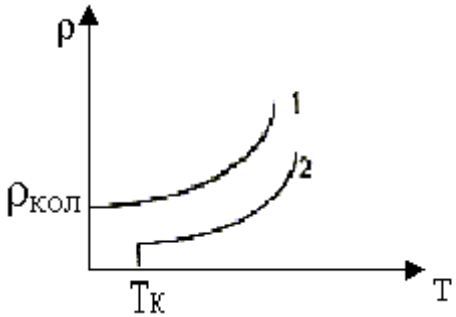
$$R_2 = Ro(1+\alpha t_2) \qquad \textbf{(5.11)}$$

dan foydalanib, qarshilikning termik koeffitsientini quyidagicha yozish mumkin:

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} \qquad \textbf{(5.12)}$$

bu yerda t_1 va t_2 – metallning 0^0C dan boshlab xisoblangan birinchi va ikkinchi temperaturasi. (5.12) dan ko'rinadiki metallning t_1 va t_2 temperaturalardagi R_1 va R_2 qarshiliklari tajribada o'lchash yo'li bilan α ni topish mukin.

Ko'p xollarda *R* ni *T* ga bog'liqlik grafigi egri chiziq ko'rinishida bo'ladi (21-rasm,1). Past temperaturalarda esa bu qonuniyatlardan chetga chiqish kuzatiladi. Ba'zi metall va qotishmalarning qarshiliklari bir necha Kelvinga teng bo'lgan temperaturalarda sakrab o'zgaradi (21-rasm,2). Bu xodisa birinchi bo'lib golland fizigi Kamerling – Onnes tomonidan aniqlangan bo'lib, o'rta o'tkazuvchanglik deb ataladi. qarshilikning temperaturaga bog'lanishidan amalda keng fodalaniladi.

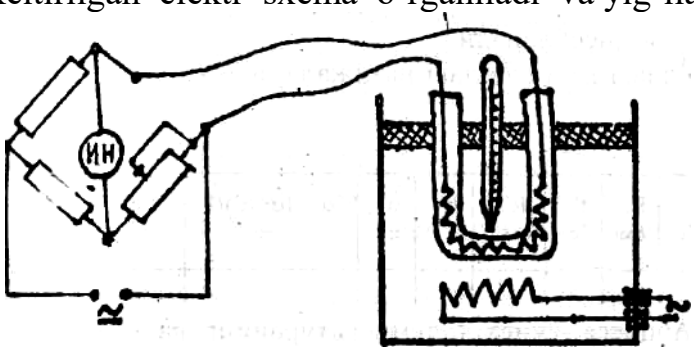


21-расм

Kerakli asbob va materiallar: qarshilik o'lchovchi asbob, elektr plitka, qarshiligi o'lchanadigan metall o'tkazgichlar, termometr, suvli idish, ulagich simlar.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1. 22-rasmda keltirilgan elektr sxema o'rganiladi va yig'iladi.



22-rasm.

2.Tajriba boshlanishi oldidan uy temperaturasi termometrdan yozib olinadi.

3. Uy temperaturasida qarshilik o'lchanadi va yozib olinadi.

4. Xona haroratidagi suvli idish plitkaga qo'yilib, unga shisha probirkadagi sim hamda termometr tushiriladi. Temperatura termometrdan yozib olinadi va o'tkazgichning shu temperaturadagi qarshiligi o'lchanadi.

5. Plitka elektr tarmog'iga ulanadi, suvning temperaturasi har 10° S ga ortganda, o'tkazgichning qarshiligi o'lchab boriladi. Tajriba suvning temperaturasi 90° S ga yetguncha davom ettiriladi.
6. Plitka tarmoqdan uzilib, suvning sovish protsessida ham har 10°S sovishga mos keluvchi qarshiliklar aniqlanadi, tajriba suvning temperaturasi xona temperaturasidan 10 - 15° C yuqori bo'lguncha davom ettiriladi.
7. Har bir o'zgarishga mos keluvchi a ning qiymatlari (5.12) formula orqali, suvning sovishida esa

$$\alpha' = \frac{R_2' - R_1'}{R_1' t_2' - R_2' t_1'}$$ orqali hisoblanadi.

8. O'lchash va hisoblash natijalari 7-jadvalga yoziladi.

7-jadval.

№	t, ^{0}C	R, om	T', ^{0}C	R', om	α k^{-1}	α' k^{-1}	$\alpha = (\alpha = \alpha')/2\kappa^{-1}$	ħα, k^{-1}	ħα / α 100%

9. Absissa o'qiga *t.* temperaturaning va ordinata o'qiga qarshilikning qiymatlari qo'yilib, qarshilik bilan temperatura orasidagi bog'lanish grafigi millimetrli qog'ozga chiziladi.

2-mashq. Elektrolitlar qarshiligining temperaturaga bog'liqligini o'rganish.

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Elektrolitlarda elektr toki musbat va manfiy ionlarning tashqi elektr maydoni ta'sirida tartibli harakat qilishi natijasida vujudga kelishini 4-laboratoriya ishida ko'rib o'tgan edik. Ionlar harakati yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan ixtiyoriy kesim yuza orqali o'tayotgan tok kuchining zichligi musbat va manfiy ionlar hosil qilgan tok zichliklarining yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$$j = j_+ + j_- \qquad \textbf{(5.13)}$$

bu yerda,

$$j_+ = q_+ n_{0-} v_+ \qquad \textbf{(5.14)}$$

$$j_- = q_- n_{0-} v_- \qquad \textbf{(5.15)}$$

q_+ va q_- , v_+ *ва* v_- , n_{o+} *ва* n_{o-} - musbat va manfiy ionlarning zaryad miqdori, tartibli harakatining o'rtacha tezligi va kontsentratsiyalaridir.

Ionlar tartibli harakatining o'rtacha tezliklari elektr maydoniga proporsional bo'ladi:

$$v_+ = b_+ E, v_- = b_- E \qquad \textbf{(5.16)}$$

bu yerda, b_+ va b_- - ionlarning harakatchanligi. Elektrodlarda hajmiy zaryad bo'lmaganligi sababli

$$q_+ n_{0+} + q_- n_{0-} = 0 \qquad \textbf{(5.17)}$$

bundan tashqari

$$q_+ = eZ_+ n_{0+} v_+ \qquad \textbf{(5.18)}$$

$$q_- = eZ_- = (F / N_A)Z_- \qquad \textbf{(5.19)}$$

Elektrolitdan o'tayotgan tok kuchi uchun Om qonunini yozsak,

$$j = (F / N_A)Z_+ n_{0+}(b_+ + b_-)E \qquad \textbf{(5.20).}$$

Om qonunining differensial ko'rinishi $j = \sigma E$ bo'lganligidan elektrolitlar uchun solishtirma o'tkazuvchanlik

$$\sigma = (F / N_A)Z_+ n_{0+}(b + b_-)E \qquad \textbf{(5.21)}$$

yoki solishtirma qarshilik

$$\rho = N_a /[FZ_+ n_{0+}(b_+ + b_-)] \qquad \textbf{(5.22)}$$

ko'rinishida bo'ladi.

Shunday qilib, elektrolitlarning solishtirma qarshiligi ionlarning kontsentratsiyasiga va harakatchanligiga bog'liq bo'ladi.

Agar elektrolitning temperaturasi orttirilsa, uning dissotsiatsiya darajasi ortadi, ya'ni tok tashuvchi zaryadlarning kontsentratsiyasi hamda harakatchanligi ortadi. Bu esa (5.22) ga asosan, elektrolitning solishtirma qarshiligini kamaytiradi.

Tajribalar elektrolitlarning qarshiligi temperaturaga chiziqli bog'langanligini ko'rsatadi, ya'ni

$$R = Ro(1 - \alpha t) \qquad \textbf{(5.23)}$$

elektrolitlarda qarshilikning termik koeffitsienti (a < 0) noldan kichik bo'ladi, 1-mashqdagi a ni topish usulini qo'llab, (5.23) formuladan foydalanib, a uchun

$$\alpha = \frac{R_1 - R_2}{R_1 t_2 + R_2 t_1} \qquad \textbf{(5.24)}$$

tenglikni olamiz. Bu formula yordamida, elektrolitlarning t_1 va t_2 temperaturalardagi R_1 va R_2 qarshiliklarini tajribadan aniqlab, elektrolit qarshiligining termik koeffitsientini topish mumkin.

Elektrolitlar qarshiligini aniqlashda o'zgarmas tok ko'prigidan foydalanib bo'lmaydi, chunki elektrolitdan o'zgarmas tok o'tganda elektrodlar qutblanib qoladi va elektroliz natijasida vaqt o'tishi bilan elektrolitning qarshiligi o'zgarib ketadi. Shuning uchun elektrolitlarning qarshiligini o'lchashda o'zgaruvchan tok bilan ishlaydigan ko'prikdan foydalaniladi.

Kerakli asbob va materiallar: *Ye*7-4 yoki Ye12-2 universal ko'prik, tok manbai, turli elektrolitlar, elektrolit quyish uchun U-simon idish, oksidlanmaydigan metall elektrodlar, termometr, ulagich simlar.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1. Ye7-4 yoki Ye12-2 universal ko'prikning instruktsiyasi bilan tanishiladi va ishga solinadi.
2. 1-mashqdagi 22-rasmda keltirilgan sxema o'rganiladi va yig'iladi.
3. Elektrolit U-simon idishga quyilib, unga metall elektrodlar tushiriladi va ko'prikning K-'-S klemmalariga ulanadi.
4. Elektrolitning xona temperaturasidagi qarshiligi o'lchab olinadi.
5. Elektr isitgich asbobi elektr tarmog'iga ulanadi va elektrolitning temperaturasi

10° S ga ortganda, uning karshiligi o'lchab boriladi. Tajriba temperatura 90° S ga yetgunga qadar davom ettiriladi.

6. Elektr isitgich asbobi tarmoqdan ajratiladi, so'ngra elektrolitning sovush protsessidagi-har 10° S da qarshilik
o'lchanadi.

7. (5.24) formuladan foydalanib elektrolit qizdirilayotgan hol uchun har 10° S mos keluvchi a ning qiymatlari hisoblab topiladi. Sovuyotgan hol uchun esa

$$\alpha`` = \frac{R``_2 - R``_1}{R``_2 t_1 - R``_1 t``_2}$$

formuladan foydalanib hisoblanadi.

8. U-simon idishdagi elektrolit ustunining balandligi ' va nayning ko'ndalang kesim yuzi s ni o'lchab, $\rho = RS / L$ ifodadan shu elektrolitning solishtirma qarshiligi aniqlanadi.

9. O'lchash va hisoblash natijalari 8-jadvalga yoziladi.

8-jadval.

№	t, ^{0}C	R, om	α k^{-1}	t'', ^{0}C	R'' ,om	α '' k^{-1}	$\alpha = (\alpha = \alpha')/2\kappa^{-1}$	ħα , k^{-1}	ħα / α 100%

10. Jadval natijalaridan foydalanib, qizdirish va sovutish hollari uchun qarshilikning temperaturaga bog'liqlik grafigi millimetrli qog'ozga chiziladi.

3-mashq. Yarim o'tkazgichlar qarshiliginqng temperaturaga bog'liqligini o'rgansh

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Moddalarni tashkil qilgan atomlarning yadrolari atrofida elektronlar muayyan orbitalarda harakat qiladilar.

Elektron orbitalari gruppalanib, K,L,M va h.k. harflar bilan belgilangan elektron qobiqlarni hosil qiladi. Yadrodan uzoq joylashgan elektronlar yadroga yaqin joylashgan qobiqdagi elektronlarga nisbatan yadroga ancha sust bog'langan bo'ladi. Tashqi qobiqlarning elektronlari qo'shimcha energiya (masalan, issiqlik, yorug'lik va h.k.) olishi bilan yadro ta'siridan qutilib, erkin harakat qila boshlaydi. Bunday elektronlarni erkin zaryad tashuvchilar yoki erkin elektronlar deyiladi.

Elektronlarning qobiqdagi holati amalda ularning energiyasini xarakterlaydi, shuning uchun qobiq o'rniga energetik sathlar yoki holatlar degan tushuncha kiritiladi.

Faraz qilaylik, bir nechta bir xildagi atomlardan iborat siyraklashtirilgan gaz bor bo'lsin. Gazning bu atomlarini "izolyatsiyalangan" atomlar deb qarash mumkin. Har bir neytral atomdagi elektronlar ruxsat etilgan energiyaga ega bo'ladi. Gazni kondensatsiyalab, qattiq jismga aylantirilganda, kristallni hosil qilgan atomlarning elektr maydoni bir-biriga kuchli ta'sir qiladi, natijada avval "izolyatsiyalangan" atomning energetik sathi nechta atom bilan ta'sirlashayotgan bo'lsa, shuncha yangi sathchalarga ajraladi. Hosil bo'lgan sathchalardan energetik holatlar zonasi vujudga

keladi. Bu zona ruxsat etilgan zona deyiladi. Ruxsat etilgan zona valentlik va o'tkazuvchanlik zonalariga bo'linadi.

Absolyut nol' temperaturada hamma energetik sathlari elektronlar bilan band bo'lgan zona to'ldirilgan yoki valentlik zona deyiladi.

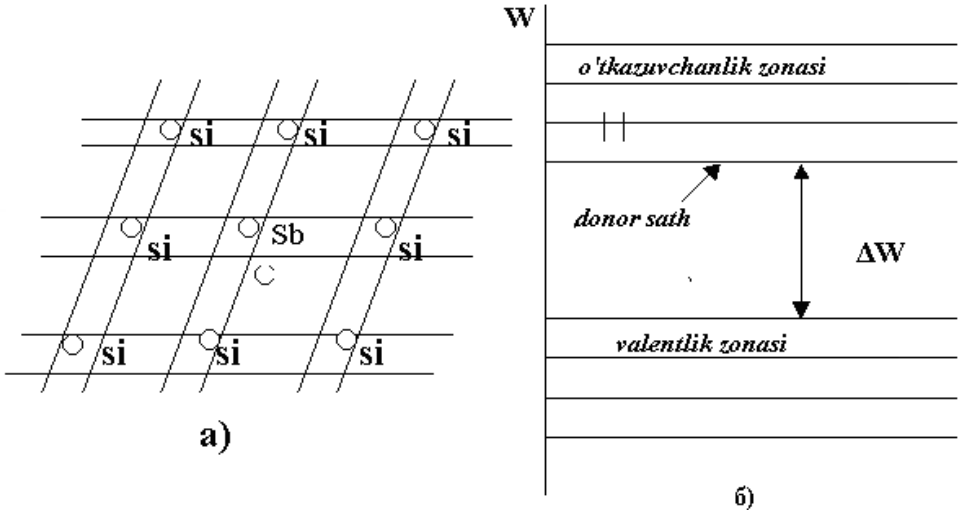
Absalyut nol' temperaturada barcha energetik sathlarda elektronlar bo'lmaydigan zona bo'sh yoki o'tkazuvchanlik zona deb ataladi. O'tkazuvchanlik va valentlik zonalar oralig'ida man etilgan zona mavjud bo'lib, bu zona kengligiga mos kelgan energiyani elektron qabul qila olmaydi.

Qattiq jismlar zonalarining strukturasiga qarab metallar, yarim o'tkazgichlar va dielektriklarga bo'linadi (23-rasm). Man etilgan zonasi bo'lmagan, ya'ni valentlik va o'tkazuvchanlik zonalari bir-biri bilan ustma-ust tushgan jismlar o'tkazgichlar deb ataladi. Valentlik va o'tkazuvchanlik zonalari, kengligi 2 eV dan katta bo'lgan, man etilgan zona bilan ajratilgan jismlar dielektriklar deb ataladi.

Man etilgan zonasining kengligi 2 eV dan kichik bulgan jismlar yarim o'tkazgichlar deb ataladi.

Tashqi ta'sir natijasida yarim o'tkazgichlar valentlik zonasidan bitta elektron o'tkazuvchanlik zonasiga ko'chirilganda atom elektron neytral bo'lmay qoladi, ya'ni valentlik zonada zaryadi elektron zaryadiga teng bo'lgan musbat zaryad paydo bo'ladi. Bunday zaryadni kovak deyiladi. Bu holda yarim o'tkazgich elektr o'tkazuvchan bo'lib qoladi (24-rasm). Kimyoviy tarkibi jihatidan toza va nuqsonlari bo'lmagan yarim o'tkazgichlardagi bunday o'tkazuvchanlikni xususiy o'tkazuvchanlik deb ataladi.

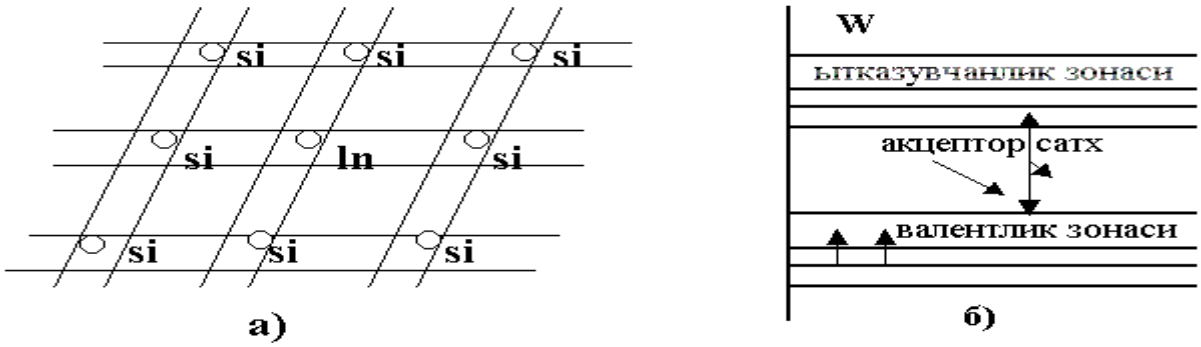
Yarim o'tkazgichlarning o'tkazuvchanligiga ularda har xil aralashmalarning bo'lishligi katga ta'sir qiladi. Elementlar davriy sistemasidagi IV- gruppaga qarashli yarim o'tkazgich moddalar (masalan, S1 yoki Ge) ga V-gruppadagi moddalar (Sb-surma) dan qo'shilganda, aralashma atomi bilan yarim o'tkazgichning to'rtta atomi orasida kovalent bog'lanish vujudga keladi. Aralashmaning beshinchi elektroni ortiqcha bo'lib qoladi.



25-rasm.

Bu ortiqcha valentlik elektron tashqaridan berilgan ozgina qo'shimcha energiya hisobiga o'z atomidan ajraladi va u o'tkazuvchanlikda ishtirok etadi. Bu

energiya elektrovdi valent bog'lanishdan ajratishga sarf bo'ladigan energiyagy nisbatan juda kichik bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, aralashmaning elektroni o'tkazuvchanlik zonasining tubi yaqinida, man etilgan zsnada joylashgan energetik sathda turadi (25-rasm, b). Bu holda elektronlar asosiy, kovaklar esa asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar bo'lib hisoblanadi. qo'shilgan aralashma esa donorlar deb ataladi. Asosiy zaryad tashuvchilari elektronlardan iborat bo'lgan bunday o'tkazgichlar elektronli yoki n-tipdagi yarim o'tkazgichlar deb yuritiladi.
Agarda yarim o'tkazgichga III- gruppa moddalari (masalan, In-indiy) dan qo'shilsa, aralashma atomida bitta elektron kovalent bog'lanish uchun yetishmaydi. Yetishmagan 4-elektron qo'shni atomdan egallab olinadi, natijada bu yerda kovak hosil bo'ladi (26-rasmda). Bundan ko'rinadiki, kremniy atomlarining orasiga indiy atomi kiritilganda man etilgan. Bu holda asosiy zaryad tashuvchilar kovaklar bo'lib, qo'shilgan aralashmalar aktseptorlar deb ataladi. Yarim o't-kazgichlar esa kovakli yoki r-tipidagi yarim o'tkazgichlar deb ataladi.



26 - rasm.

Xususiy yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi temperaturaga eksponentsial bog'langan,ya'ni

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\Delta W / 2kT} \qquad \textbf{(5.25)}$$

bu yerda ΔW - ionizatsiya (aktivatsiya) energiyasi deb atalib, xususiy yarim o'tkazgich uchun man etilgan zonaning kengligiga teng, n-tipdagi yarim o'tkazgichlar uchun donor sathida turgan elektronni o'tkazuvchanlik zonasiga, r-tipidagi yarim o'tkazgichlar uchun esa elektronni valentli zonadan aktseptor sathiga o'tkazish uchun zarur bo'lgan energiyadir.
Ko'p hollarda yarim o'tkazgichlarning o'tkazuvchanligi temperaturaga bog'liqligini tekshirishda, o'tkazuvchanlik (σ) dan emas, balki ularning qarshiligidan foydalaniladi. Yarim o'tkazgichli termorezistor uchun

$$R = R_0 e^{\Delta W / 2kT} \qquad \textbf{(5.26)}$$

(5.26) dan ko'rinadiki, yarim o'tkazgichlarning qarshiligi temperatura ortishi bilan kamayadi, bunga sabab zaryad tashuvchilarning miqdori temperatura ortishi bilan ortadi.

Aktivatsiya energiyasi ΔW ni ikki T_1 va T_2 temperaturalarga mos kelgan

$$R_1 = R_0 e^{-\Delta W / 2kT_1} \qquad \textbf{(5.27)}$$

$$R_2 = R_0 e^{-\Delta W / 2kT} \qquad \textbf{(5.28)}$$

qarshiliklar yordamida topish mumkin. (5.27) ni (5.28) ga xadma-xad bo'lib, ba'zi almashtirish-lardan so'ng ΔW uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\Delta W = k \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{R_1}{R_2} \qquad \textbf{(5.29)}$$

Topilgan ΔW ning va o'lchangan T_1 va T_2 larning qiymatlaridan foydalanib, qarshilikning temperatura koeffitsientini aniqlash mumkin. Ma'lumki, qarshilikning temperatura koeffitsienti

$$\alpha = \frac{dR}{RdT} \qquad \textbf{(5.30)}$$

formula orqali aniqlanadi, (5.26) ifodani T bo'yicha differensiallab, olingan natijani (5.30) qo'yib

$$\alpha = -\frac{\Delta W}{kT^2} \qquad \textbf{(5.31)}$$

ifoda hosil qilinadi. Bu yerda, $T = (T_1 + T_2)/2$; k - Bolsman doimiysi.

Kerakli asbob va materiallar: qarshilik o'lchaydigan asbob - Ommetr, MMT-tipidagi termistorlar, tok manbai, elektr plitka, suv quyilgan idish, termometr, ulagich simlar.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1. 1-mashq uchun berilgan ishning bajarilish tartibi takrorlanadi.
2. $R = f(t)$ bog'lanish grafigi millimetrli qog'ozga chiziladi.
3. (5.29) va (5,31) formulalardan foydalanib, aktivatsiya energiyasi ΔW va qarshilikning termik koeffitsienti *a* topiladi.
4. O'lchash va hisoblash natijalari 9-jadvalga yoziladi.

9-jadval.

№	t, ^{0}C	R, om	α k^{-1}	t'', ^{0}C	R'', om	α '' k^{-1}	$\alpha = (\alpha = \alpha')/2\kappa^{-1}$	ħα ,k^{-1}	ħα /α 100%

O'Z-O'ZINI SINASH UCHUN SAVOLLAR

1. Metallar qarshiligining temperatura ko'tarilishi bilan ortishini tushuntiring.
2. qarshilik temperatura koeffitsientining fizik ma'nosinitushuntiring.
3. O'ta o'tkazuvchanlik hodisasini tushuntiring.
4. Solishtirma qarshilik va solishtirma o'tkazuvchanlik farqini va ularning o'lchov birligini ayting .
5. Elektrolitlarda tok zichligi nimaga teng?
6. Ionlarning harakatchanligi deb nimaga aytiladi?
7. Elektrolitlarning solishtirma qarshiliklari nimalarga bog'liq?
8. Elektrolitlarning qarshiligini o'zgarmas tok ko'prigi bilan o'lchab bo'ladimi? Nima uchun?

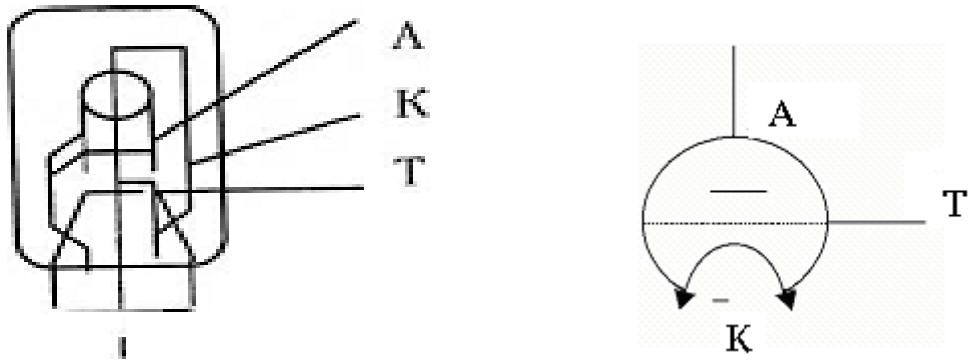
9. Yarim o’tkazgichlar deb nimaga aytiladi?

6-LABORATORIYA ISHI
MAVZU: UCH ELEKTRODLI ELEKTRON LAMPA (TRIOD)NI O’RGANISH

Ishinig maqsadi: Lampaning anod va to’r xarakteristikalarini olish hamda olingan natijalar asosida lampaning asosiy parametrlarini aniqlash.

ISH TO’G’RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Uch elektrodli elektron lampa havosi so’rib olingan shisha ballon va uning ichiga kiritilgan anod, katod hamda boshqaruvchi elektrod-to’rdan iborat. Boshqaruvchi elektrod uncha katta bo’lmagan masofada katodni o’rab olgan va o’ramlar soni ham uncha katta bo’lmagan spiral shaklidagi simdan yasalgan (27-rasm). U anod kuchlanishi o’zgarmas bo’lganda anod tokini o’zgartirishga imkon beradi. Bu esa to’r bilan katod orasiga kuchlanish berish yo’li bilan amalga oshiriladi.



27-rasm.

Agarda anod bilan katodni tok manbaining mos qutblariga ulasak, bu elektrodlar orasida elektr maydoni hosil bo’ladi. Lekin zanjirdan tok o’tmaydi, chunki lampa ichidan havosi so’rib olingan va u yerda hech qanday zaryadli zarrachalar yo’q. Agar katodni tok manbaiga ulab qizdirsak, U holda lampadan tok o’ta boshlaydi. Bunga sabab kizdirilgan katoddan elektronlar otilib chiqa boshlaydi. Ular anod va katod orasidagi elektr maydoni ta’sirida anodga tomon harakat qiladi. To’rga kuchlanish berilmagan vaqtda triod ikki elektrodli elektron lampa(diod) kabi ishlaydi. Bu holda to’r lampadan o’tayotgan tokka, elektronlar harakatiga hech qanday ta’sir ko’rsatmaydi.

Agarda to’rga manfiy potensial berilsa, to’r hosil qilgan maydon asosiy maydonga teskari yo’nalgan bo’ladi. Natijada to’r katod bilan anod orasidagi maydonni kuchsizlantiradi, ya’ni lampadan o’tayotgan tok kamayadi. To’rga berilayotgan potensialning ma’lum bir qiymatida anod kuchlanishi bo’lishidan qat’i nazar lampadan tok o’tmay qoladi. Bu holda lampa berk bo’ladi.

Agar to’rga musbat potensial berilsa, to’r hosil qilgan maydon asosiy maydonning yo’nalishiga mos keladi. To’r bilan katod oralig’ida uni kuchaytiradi, lampadan o’tayotgan tok ham kuchayadi. To’r anodga nisbatan katodga yaqin joylashganligi sababli to’r kuchlanishining (katod va to’r orasidagi potensiallar

farqi) o'zgarishi anod kuchlanishining o'zgarishiga qaraganda lampadan o'tayotgan tokka ancha katta ta'sir ko'rsatadi. SHunday qilib, to'r potensialini o'zgartirish yo'li bilan lampadan o'tayotgan tokni boshqarish mumkin.

Anod kuchlanishi o'zgarmas bo'lganda anod tokining to'rdagi kuchlanishiga bog'liqligi lampaning to'r xarakteristikasi deyiladi, ya'ni $I_a = f(u_r), u_a = const$. Lampaning anod xarakteristikasi deb, to'r kuchlanishi o'zgarmaganda anod toki qiymatining anod kuchlanishiga bog'liqligiga aytiladi. Bu bog'lanishni $I_a = f(u_r), u_{ta} = const$ ko'rinishda ifodalash mumkin.

Triodlarning xossalari anod va to'r xarakteristikalari bilangina emas, balki uning asosiy parametrlari deb ataluvchi parametrlar bilan ifodalanadi.

Triodlarning xossalari anod va to'r xarakteristikalari bilangina emas, balki uning asosiy parametrlari deb ataluvchi parametrlar bilan ifodalanadi.

Yuqorida aytganimizdek, anod toki anod va to'r kuchlanishlarining funktsiyasidir, ya'ni

$$I_a = f(u_r, u_a) \qquad \textbf{(6.1)}$$

Bu ifodani differensiallab quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$dI_a = (\frac{dI_a}{du_T})_{u_a} du_r + (\frac{dI_a}{du_a})_{uT} du_a \qquad \textbf{(6.2)}$$

Bu tenglamadagi $(\frac{dI_a}{du_T})u_a$ ni S bilan. $(\frac{dI_a}{du_a})_{uT}$ ni esa $\frac{1}{Ri}$ bilan belgilab, to'r xarakteristikasining qiyaligi

$$S = (\frac{dI_a}{du_T})u_a \qquad \textbf{(6.3)}$$

va triodning ichki qarshiligi

$$R_i = \left(\frac{du_a}{dI_a}\right)_{u_T} \qquad \textbf{(6.4)}$$

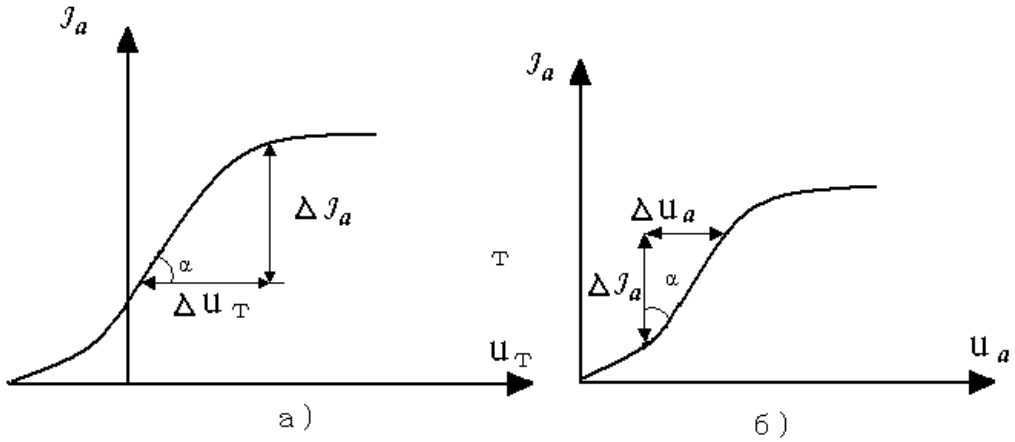
ni topish mumkin. Bu yerda u_t va u_a indekslar mos ravishda to'r va anod potensialining o'zgarmasligini ko'rsatadi.

To'r xarakteristikasining tikligi S_1 berilgan nuqtada to'r xarakteristikasining tangens og'ish burchagi (28-rasm, a)ni xarakterlaydi, ya'ni

$$S = tg\alpha = -\frac{\Delta I_a}{\Delta u_T} \qquad \textbf{(6.5)}$$

Triodning ichki qarshiligi esa anod xarakteristikasining toklar o'qiga og'ish burchagi tangensiga teng (28-rasm,b), ya'ni:

$$R_i = tg\alpha = \frac{\Delta U_a}{\Delta u_T} \qquad \textbf{(6.6)}$$



28-rasm.

S va R ning qiymatlarini (6.2) ifodaga qo'yib, uni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$dI_a = Sdu_r + \frac{1}{R_j} du_a \qquad \textbf{(6.7)}$$

Agar tok o'zgarmas, ya'ni dI = o, u holda

$$Sdu_t + \frac{1}{R_j} du_a = o \qquad \textbf{(6.8)}$$

$$S + \frac{1}{R_i} \quad \frac{du_a}{du_T} = 0 \qquad \textbf{(6.9)}$$

bu yerdan $\frac{du_a}{du_T} = \mu$ desak

$$S - \frac{1}{R_i}\mu = 0 \qquad \textbf{(6.10)}$$

hosil bo'ladi. Bu yerda, μ-kuchaytirish koeffitsienti deyiladi. Minus ishora anod va to'r kuchlanishlarining tebranish fazalari qarama-qarshi ekanligini bildiradi yoki boshqacha qilib aytganda, to'r potensialining kamayishiga olib kelishini ko'rsatadi.

Kuchaytirish koeffitsientiga teskari bo'lgan kattalik

$$D = \frac{1}{\mu} \qquad \textbf{(6.11)}$$

ni lampaning singdiruvchanligi deb ataladi.

(6.11) ni hisobga olib (6.10) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$S = \frac{1}{R_i D} \qquad \textbf{(6.12)}$$

yoki

$$D R_i S = 1 \qquad \textbf{(6.13)}$$

(6.13) formula to'r xarakteristikasining tikligi, lampaning ichki qarshiligi va

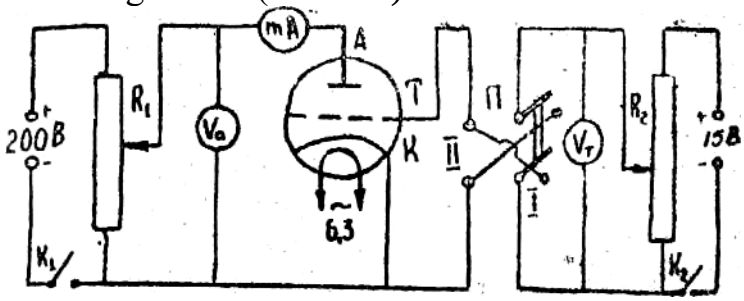
to’rning singdiruvchanligi orasidagi o’zaro bog’lanishni ifodalaydi. Yuqorida ko’rib o’tilgan asosiy parametrlar triodning statik parametrlari deb
ataladi.

***Kerakli asbob va materiallar*:** uch elektrodli elektron lampa, 2 ta voltmetr, milliampermegr, to’g’rilagich, reostatlar, tok kaliti, ulagich simlar, kalitlar.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

<u>1-mashq.</u>Triodning anod xarakteristikasini olish.

1.quyidagi elektr sxema o’rganiladi (29-rasm)



29-rasm.

2.To’g’rilagich yoritish tarmog’iga ulanadi, tumbler "Set’" holatiga qo’yiladi.

3. P kalit 1 holatga qo’yiladi, K_2 kalit ulanib potensiometr yordamida to’rga -6 V kuchlanish beriladi.

4. K_1 kalit ulanib R_1 potensiometr yordamida anodga 20,40,60 va x.k.,160V kuchlanish beriladi. Har bir 20V anod kuchlanishga mos keluvchi anod toki milliampermetrdan yozib olinadi.

5. To’r kuchlanishining -4,-2 V bo’lgan hollari uchun 4-punkt takrorlanadi.

6. P kalit 2 holatga qo’yiladi, to’rga $0,+2,+4,+6$ $va+8V$ kuchlanishlar berib har bir hol uchun 4-band takrorlanadi.

7. O’lchangan natijalar 10-jadvalga yoziladi,

10 jadval

Ut,V / Ua,V	-6
20	Anod toki I_a, mA

2-mashq. Triodning to’r xarakteristikasini olish.

1. K_1 kalit ulab, R_1 potensiometr yordamida anodga 20 V kuchlanish beriladi.

2. P kalit 1-holatga qo’yiladi, K_2 kalit ulanib R_2 potensiometr yordamida to’rga -6,-4,-2 V kuchlanishlar beriladi va ularga mos kelgan anod toki milliampermetrdan yozib olinadi.

3. P kalit 2-holatga quyilib, to’rga noldan boshlab musbat kuchlanishlar beriladi va anod toki yozib olinadi.

4. Anodga 40,60 V va h.k. Volt kuchlanishlar berib, 2 va 3 bandlar takrorlanadi.

5. Olingan natijalar11-jadvalga yozilad

11 – jadval

U_a,V	20	

U_t,V	Anod toki I_a,mA
-6	

6. 10-va 11-jadvallardan foydalanib, to'r va anodning har bir kuchlanishiga mos kelgan $I_a = f(u_T)$ *va* $I_a = f(u_a)$ bog'lanish grafigi millimetrli qog'ozga chiziladi.

7. (6.5),(6.6),(6.10) va (6.11) formulalardan triodning statik parametrlari: to'r xarakteristikasining qiyaligi, lampaning ichki qarshiligi, kuchaytirish koeffitsienti va lampaning singdiruvchanligi laboratoriya daftarida hisoblab topiladi.

8. (6.13) formula tekshiriladi.

O'Z-O'ZINI SINASH UCHUN SAVOLLAR

1.Triodning tuzilishi va ishlash printsgshni tushuntiring.

2. To'r va anod xarakteristikasi deb nimaga aytiladi?

3. To'r xarakteristikasining qiyaligi qanday aniqlanadi?

4. Lampaning qarshiligi, kuchaytirish koeffitsienti deb nimaga aytiladi?

5. Elektron emissiya deb nimaga aytiladi? Uni hosil qilishning qanday usullarini bilasiz?

7-LABORATORIYA ISHI

MAVZU: OSSILLOGRAFNI O'RGANISH

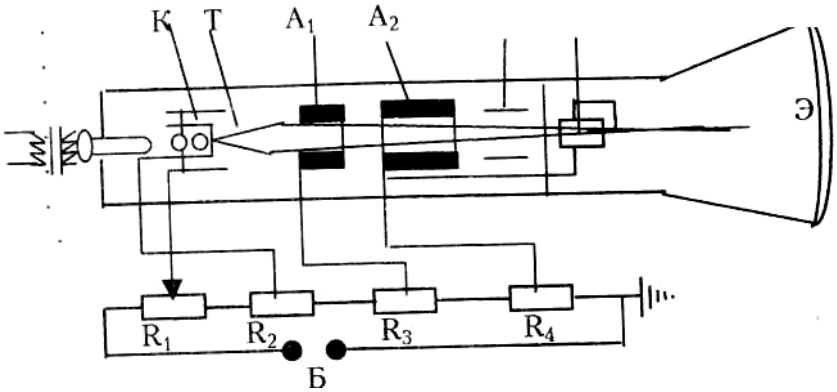
Ishning maqsadi: Elektron - nur trubka va ossillografning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish hamda ossillograf bilan ishlash malakasini hosil qilish.

ASBOBNING TAVSIFI VA HISOBLASH METODIKASI

Ossillograflar magnitoelektrik, elektromagnetik, ferrodinamik, elektrostatik va elektron ossillograflarga bo'linadi. Amalda ko'proq elektromagnetik sistemasidagi ossillograflar ishlatiladi. Elektron - nurli ossillograf murakkab universal o'lchov asboblari qatoriga kiradi. U tez o'zgaradigan miqdorlarni tekshirish, o'zgaruvchan tok zanjirida sodir bo'ladigan turli hodisalarni kuzatish hamda noelektryk miqdorlarning o'zgarishini aniqlashga imkon beradi.

Ossillograf elektron-nur trubka, nurni og'diruvchi kuchaytirgichlar, yoyish generatorini sinxronlovchi blok, boshqaruvchi, rostlovchi va boshqa tegishli detallar bilan ta'minlangan bloklardan iborat bo'ladi.

Elektron-nur trubka (ENT) (30-rasm) elektr va magnit maydoni ta'sirida elektronlarni boshqarishga asoslangan, bir uchi kengaytirilgan shisha kolba ko'rinishidagi asbobdir. Uning ichidan havo, bosimi 10^{-7}-10^{-8}mm.sim,ust.ga teng bo'lguncha so'rib olinadi.



30-rasm.

Trubka ekrani uning kengaytirilgan qismiga joylashgan bo'lib, u elektronlar borib urilganda shu'lalanadigan modda bilan qoplangan. ENTning toraygan qismida elektron nur hosil qiladigan "elektron pushka" deb ataluvchi qurilma bor. Bu qurilma esa qizdiriluvchi K katod, boshqaruvchi elektrod T(to'r) va ikkita A_1 va A_2 anoddan iborat. T elektrodning potensialini o'zgartirib, nurdagi elektronlarning zichligini sozlash mumkin. Bu esa, ekrandagi tasvirning ravshanligini o'zgartiradi. T to'r yordamida elektron - nurni taxminiy fokuslash ham amalga oshiriladi. A_1 va A_2 anodlar orasidagi maydonda elektron nur batamom fokuslanadi. Fokuslash A_1 anoddagi kuchlanishni o'zgartirish yo'li bilan sozlanadi, shuning uchun bu anodni fokuslovchi anod deb ataladi. A_1 anodga taxminan bir necha yuz volt kuchlanish beriladi. A_2 anod yordamida elektronlar tezlashtiriladi. SHuning uchun ham bu anodni tezlashtiruvchi anod deb ataladi, unga bir nechta ming volt kuchlanish beriladi. Bu kuchlanish umumiy manbadan ketma-ket ulangan bir necha R_1, R_2,

R_3, R_4, qarshiliklardan tashkil topgan taqsimlagichlar orqali beriladi. Elektronlar o'z yo'lining oxirida trubka ekrani (E) ga tushadi va ularga tushgan joylarida chaqnash (shu'lalanish) kuzatiladi.

Agar elektron-nurga anod bilan ekran oraligida og'diruvchi kuch ta'sir qilsa, ekrandagi yorug' dog' siljiydi. ENTning og'diruvchi sistemasi o'zaro perpendikulyar joylashgan ikki juft plastinkalardan iborat . Nurni vertikal yo'nalishda og'diruvchi plastinkalarni vertikal og'diruvchi (VO), nurni gorizontal og'diruvchi plastinkalarni esa gorizontal og'diruvchi (GO) plastinkalar deb ataladi va mos ravishda "u" va "x" bilan belgilanadi. Agar juft plastinkalarning ihtiyoriy biriga o'zgaruvchan kuchlanish berilsa , ekranda to'g'ri chiziq hosil bo'ladi.

Faraz qilaylik, og'diruvchi plastinkalarning uzunligi I bo'lsin, ular orasidagi masofa d, plastinkalardan ekrangacha bo'lgan masofa L, qo'yilgan kuchlanish U bo'lsin (31-rasm). Tajribalar yordamida, nurning og'diruvchi plastinkalar maydonidan o'tish natijasida dastlabki vaziyatidan siljishi

$$h = \frac{U}{2U_{à}} \frac{I}{d}\left(L + \frac{I}{2}\right) \qquad \textbf{(7.1)}$$

ga teng ekanligi aniqlangan . Bu yerda, U_a - tezlashtiruvchi kuchlanish. Amalda,I<<L bo'lganligi sababli

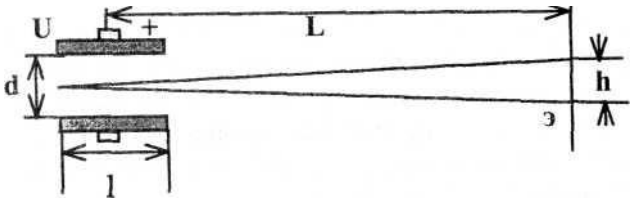
$$h \approx \frac{U}{U_{à}} \frac{I}{d} L \qquad \textbf{(7.2)}$$

formuladan foydalaniladi.

(7.2) formuladan ENTning kuchlanishga sezgirligini aniqlash mumkin, ya'ni

$$S = \frac{h}{U} = \frac{I}{2U_{à}} \frac{LI}{d}, \quad \frac{MM}{B} \qquad \textbf{(7.3)}$$

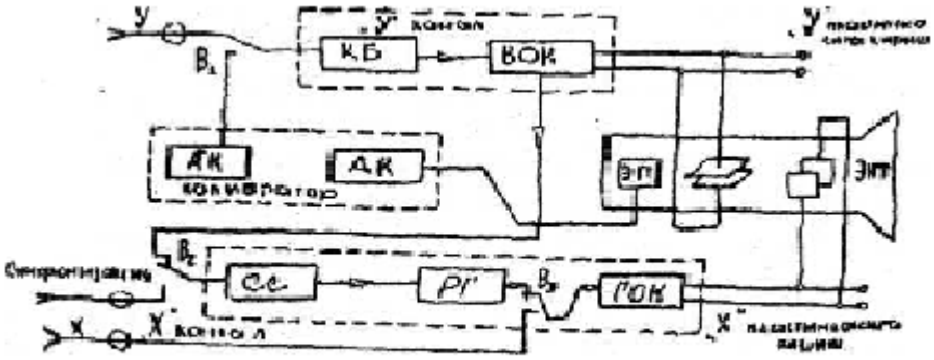
Hozirgi zamon ENTning sezgirligi teng . 32-rasmda ko'rsatilgan. Bu sxemaga ENT, elektron nurni boshqaruvchi qurilma (X va U kanal) va yordamchi qurilma (kalibratorlar) kiradi . Vertikal og'dirish kanali (U kanal) tasvir ekranda vizual ko'rish uchun eng qulay holatga kelguncha tekshirilayotgan kuchlanishni kuchaytirish(susaytirish) uchun mo'ljallangan. "U" kanal attenyuator [kiruvchi kuchlanishni bo'lgich(KB)] va ENTning "U" plastinkasiga ulanuvchi vertikal og'dirish kuchaytirgichi (VOK)dan iborat. "X" plastinkalarga gorizontal kuchaytirgich (GOK) orqali razvyortka generatori (RG) dan chiziqli o'zgaruvchi kuchlanish beriladi.



31-rasm.

Sinxronizatsiya sistemasi (SS) RG ning ishga tushirilishini boshqaradi. Buning uchun V_2 kalitning holatiga qarab GOK dan yoki tashqi manbadan keladigan sinxronlovchi signaldan foydalaniladi.

Lissaju figuralari yordamida tekshirish o'tkazish lozim bo'lgan vaqtlarda Vz kalit pastki holatga qo'yiladi. RG va SSlar uziladi,"X" plastinkalarga GOK orqali "X" ning kirishiga berilgan kuchlanish keladi.
Yordamchi qurilmalar bloki amplituda kalibratori (AK) va davomiylik kalibratori(DK) dan iborat bo'ladi. Bulardan tekshirilayotgan signallarning amplitudasi va vaqt parametrlarini o'lchashda foydalaniladi. "U" kanalning sezgirligini kalibrovka qilish vaqtida AK V^ kalit yordamida ulanadi. ENT ning sezgirligi uncha katta bo'lmaganligi sababli vertikal orttirish kuchaytirgichdan foydalaniladi.



3-2-расм

Elektron ossillografning asosiy qismlaridan yana biri chiziqli razvyortka generatori hisoblanadi. Bunday generatorlarda tebranish aktiv qarshilik va birorta reaktiv element sig'imidan iborat zanjir yordamida keltiriladi. Generator sxemalarida tebranish chastotasini keng diapazon bo'yicha sozlash ko'zda tutilgan. Razvertka generatorining chastotasini o'zgartirib, uni sinxronlash mumkin, ya'ni signal bilan razvertka chastotasining shunday nisbati topiladiki, ekrandagi tasvir tinch holatda bo'ladi. Razvertka generatori uzluksiz va kutuvchi razvertka rejimlarida ishlashi mumkin.
Elektron ossillograflarning asosiy kamchiliklaridan biri bir vaqtning o'zida bir necha protsesslarni tekshirish imkoniyatlarining yo'qligidir. Lekin ko'p nurli trubkalardan foydalanib, bu kamchilik yo'qotilmoqda. Bunday trubkalarda fokuslovchi va og'diruvchi elektrodlarning bir necha sistemasi bo'ladi.
Biz bu laboratoriya ishida ENTni o'rganish uchun "Elektronika" U1-01 pribori va maktab laboratoriya ishlari uchun mo'ljallangan N3013 ossillografdan foydalanamiz.

Kerakli asbob va materiallar: laboratoriya o'quv ossillografi N3013, "Elektronika" U1-1 pribori, tovush generatori, chastotasi o'lchanadigan manba, ulagich simlar, induktiv g'altaklar, reostat, kalit, transformator.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

Diqqat! ENT yuqori kuchlanishda ishlaydi, ehtiyot bo'lish kerak!

1. "Elektronika" UI-0I priborining instruksiyasi bilan tanishiladi.

2. "Yarkost’" potensiometri soat strelkasiga teskari yo’nalishda oxirigacha buraladi. Bu holda elektronlar ekranga tushmaydi.

3. "Fokus" potensiometri ham soat strelkasining yo’nalishiga teskari yo’nalishda oxirigacha buraladi.

4. Taglik "6.3" yozilgan klemmalarini kalit (kalit ochiq holda turishi kerak) va potensiometr orqali tok manbaiga ulanadi.

5. Og’diruvchi g’altaklar panelning oldingi qismidajoylashgan klemmalarga mahkamlanadi. g’altaklarning ulanish sxemasi 33-rasmda keltirilgan. Bu sxemada yig’ma elektromagnit g’altaklaridan foydalanish mumkin.

6. Priborning shtepsel vilkasi yoritish tarmog’iga ulanadi.

7. "6.3" klemmasiga ulangan kalit zanjirga qo’shiladi, potensiometr yordamida 6.3 V kuchlanish beriladi va katod qiziguncha 2-3 minut kutiladi.

8. Korpusdagi vklyuchatel’ (tumbler) "Set’" holatiga qo’yiladi va anodga kuchlanish beriladi.

9. "Yarkost’" potensiometrini srat strelkasi bo’yicha ekranda yorug’ dog’ paydo bo’lguncha buraladi.

10. "Fokus" potensiometri yordamida elektron-nur fokuslanadi.

11. ENTga kiritilgan o’zgarmas magnit (avval kiritib qo’yilgan bo’ladi) ni u yoki bu tomonga (trubka bo’ylab) harakatlantirish va aylantirish bilan yorug’ dog’ning shakli yaxshilanadi va markazlashtiriladi.

12. 33-rasmdagi kalit ulanib, og’diruvchi g’altaklarga K. potensiometr yordamida kuchlanish berib, ekrandagi yorug’ dog’ni u yoki bu tomonga siljitiladi va kuzatiladi.

2-mashq. N3013 Ossillografni o’rganish.

<u>Diqqat! Ossillograf ham yuqori kuchlanish bilan ishlaydi, ehtiyot bo’lish kerak!</u>

1. Dastlab, N3013 ossillografning yo’riqnomasi bilan tanishiladi.

2. Ossillograf ishga sozlanadi;

a) "Yarkost’" va X,U regulyatorlar chap tomonga oxirigacha buraladi;

b) "Fokus" regulyatori o’rtacha holatga qo’yiladi;

v) "Sinxr" knopkasi bosilmagan bo’lishi kerak;

g) "Razv" knopkasi bosilmagan bo’lishi kerak;

d) "CHastota" regulyatori o’rta holga qo’yiladi;

e) Pribor yoritish tarmog’iga ulanadi;

yo) Tumbler "Set’" holatiga qo’yiladi va 2-3 minut kutiladi;

j) "Yarkost’" regulyatori o’ng tomonga asta buralib, ekranda yorug’ dog’ hosil qilinadi va "Fokus" regulyatori yordamida dog’ aniq ko’rinadigan holatga keltiriladi. X va U regulyatorlari o’rtacha holga qo’yiladi.

Eslatma: " ↔ " va " ↕ " regulyatorlari yordamida yorug’ dog’ ekranning istalgan joyiga (mas,.markaziga) qo’yiladi. Agar ekranda yorug’ dog’ ko’rinmasa, shu regulyatorni burash yordamida uni topiladi.

3. Maktab universal transformatorining ikkilamchi chulg’amiga 900-1000 Om li reostat ulanadi.

4. Reostatdan ossillografning "u" klemmasiga kuchlanish berish uchun sim

ulanadi(34-rasm). (Agar o’rganilayotgan "Ossillograf elektronniy" tipdagi o’quv ossillografi bo’lsa, kuchlanish pasaytiruvchi transformatordan foydalanmasa ham bo’ladi, chunki bunday ossillograflarning orqa tomonida "kontrsignal" deb yozib qo’yilgan uyachadan "6.3 V" kuchlanish olish mumkin, shuning uchun "Kontrsignal" uyachasidan ossillografning "u" klemmasiga sim ulanadi).

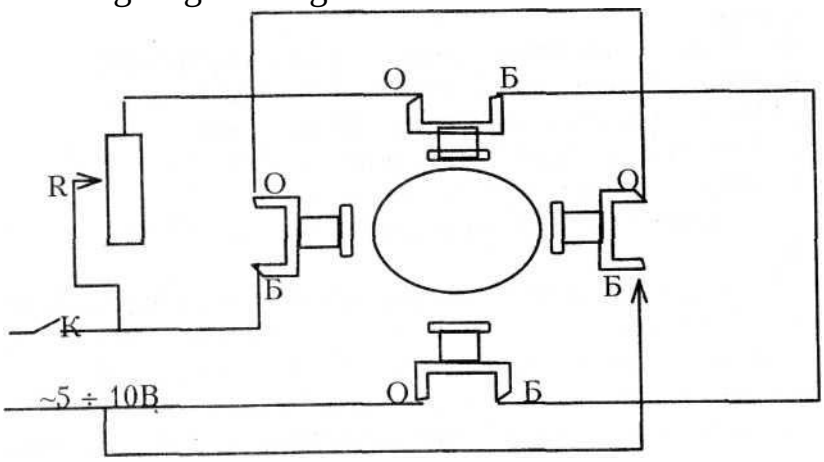
5. Transformatorning birlamchi chulg’ami tarmoqqa ulanadi.

6. Reostat orqali berilayotgan o’zgaruvchan kuchlanish ostsillogrammasi ekranda kuzatiladi. "Razv" knopkasi bosilgan bo’lishi kerak.

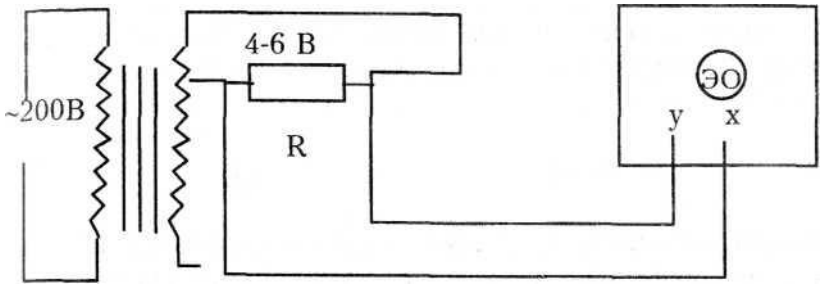
7. X va U regulyator yordamida ekranda tasvirni kuzatish qulay bo’lgan kattaligiga o’rnatiladi.

8. "Sinxron" knopkasi va "CHastota" regulyatori yordamida ekranda ostsillogrammaning stabil bo’lishiga erishiladi.

9. Ekrandagi kuchlanish grafigi daftarga chizib olinadi.



33-rasm.



34-rasm.

O’Z-O’ZINI SINASH UCHUN SAVOLLAR

1. Elektron nur trubkaning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.

2. Zaryadlangan zarrachaning magnit maydoni ta’siridagi harakatini tushuntiring. Lorens kuchining matematik ifodasini yozing.

3. Ossillografning blok-sxemasi yordamida uning ishlash prinsipini tushuntiring. Vakuumda elektr tokining tabiatini tushuntiring.

8-LABORATORIYA ISHI
MAVZU: TERMOPARANI DARAJALASH

***Ishning maqsadi*:** Termoparalarning ishlash prinsipi bilan tanishish va ularni darajalash malakasini hosil qilish.

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Ikki xil metall bir-biri bilan payvandlanganda ular orasida kontakt potensiallar ayirmasi vujudga keladi, uning hosil bo'lishi quyidagicha tushuntiriladi. Ikki metall kontaktida issiqlik harakati tufayli har bir metalldagi elektronlar qo'shni metallga o'ta boshlaydi va bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan elektronlar oqimini hosil qiladi. Elektronlar oqimining kattaligi har bir metalldan elektronning chiqish ishiga bog'liq bo'ladi. Chiqish ishi deb elektronni metalldan chiqarish uchun bajariladigan ishga aytiladi, ya'ni

$$A = eU \qquad \textbf{(8.1)}$$

CHiqish ishi katta bo'lgan metallarga elektronlar ko'proq o'tadi, shuning uchun chiqish ishi katta bo'lgan metall manfiy, chiqish ishi kichik bo'lgan metall musbat zaryadlanib qoladi. Natijada metallarning kontaktida potensiallar ayirmasi yuzaga keladi, bu potensiallar ayirmasini ichki potensiallar ayirmasi deb ataladi:

$$U^{i}{}_{AB} = \varphi_1 - \varphi_2 \qquad \textbf{(8.2)}$$

bu yerda, φ_1 - (A) metall ichidagi potensial; φ_2 - (V) metall ichidagi potensial. Ichki potensiallar ayirmasi ikkala metalldagi elektronlarning kontsentratsiyasiga bog'liq, shu sababli klassik elektron nazariyaga asosan uni quyidagicha yozish mumkin:

$$U^{i}{}_{AB} = \frac{kT}{e} In \frac{n_{01}}{n_{02}} \qquad \textbf{(8.3)}$$

Metallarning sirti yaqinida, ya'ni bir necha atom masofasiga teng masofada joylashgan 1 va 2 nuqtalarni olaylik (35-rasm).Metallarning chiqish ishi turlicha bo'lganligi sababli bu nuqtalarning potensiallari ham turlicha bo'ladi; natijada 1 va 2 nuqtalar orasida potensiallar ayirmasi yuzaga keladi, bu potensiallar ayirmasi tashqi potensiallar ayirmasi deb ataladi, ya'ni

$$U_{AB} = U_1 - U_2 \qquad \textbf{(8.4)}$$

Tashqi potensiallar ayirmasi ikkala metallning chiqish ishiga bog'liq bo'lganligi sababli (8.4) ni quyidagicha yozish mumkin

$$U_{AB} = -\frac{A_1 - A_2}{e} \qquad \textbf{(8.5)}$$

Yig'indi kontakt potensiallar ayirmasi

$$\Delta U = U_{AB} + U^{i}{}_{AB} = U_1 - U_2 + \varphi_1 - \varphi_2 \qquad \textbf{(8.6)}$$

yoki

$$U = -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{kT}{e} In \frac{n_{01}}{n_{02}} \qquad \textbf{(8.7)}$$

Agarda bir necha ketma-ket ulangan metallar qatori hosil qilingan bo'lsa, ularning uchlaridagi potensiallar ayirmasi faqat ikki chekkadagi metallarning tabiatiga bog'liq bo'lib, oraliq metallarning tabiatiga bog'liq bo'lmaydi. Ulardan yopiq zanjir tuzilgan bo'lsa, kontaktlarning temperaturasi bir xil bo'lganda yig'indi kontakt potensiallar ayirmasi nolga teng bo'ladi. Bunga asosan: bir xil temperaturada turgan ixtiyoriy sondagi birinchi jins o'tkazgichlardan tuzilgan zanjirning e.yu.k. nolga teng.

Lekin (8.7) formulaga asosan U temperaturaga bog'liq, shu sababli kontaktlarning temperaturalari turlicha bo'lganda zanjirning to'la e.yu.k. nolga teng bo'lmaydi. Kalit ulanganda zanjirdan tok o'tadi (36-rasm). Bu hodisani ter-moelektr hodisasi, hosil bo'lgan e.yu.k.ni esa termo e.yu.k. deb ataladi.

Agarda 1 kontaktning temperaturasini T_1, 2 kontaktning temperaturasini T_2 va $T_1 > T_2$ desak, yopiq zanjirda kontakt potensiallar ayirmalarining yig'indisi, ya'ni zanjirdagi, e.yu.k.

$$\varepsilon = \frac{kT_1}{e} In \frac{n_{01}}{n_{02}} + \frac{kT_2}{e} In \frac{n_{02}}{n_{01}} = \frac{k}{e}(T_1 - T_2) In \frac{n_{01}}{n_{02}} \qquad \textbf{(8.8)}$$

ifoda orqali aniqlanadi.

Ko'pchilik metallarning kontakt joylaridagi temperatu-ralar elektronlarning kontsentratsiyasiga qariyb ta'sir qilmaydi, shuning uchun

$$\frac{k}{e} In \frac{n_{01}}{n_{02}} = const = \alpha \qquad \textbf{(8.9)}$$

deb yozish mumkin. (8.8) va (8.9) formulalardan

$$\varepsilon = \alpha(T_1 - T_2) \qquad \textbf{(8.10)}$$

ni hosil qilamiz. Bu yerda, a solishtirma termo - e.yu.k., ya'ni kontaktlarning temperaturalar farqi 1 gradus bo'lganda hosil bo'ladigan termo-e.yu.k.

Termoelektr hodisasidan elektr toki olish hamda temperaturalarni o'lchash uchun foydalaniladi. Buning uchun termoelementlar, ya'ni termoparalar qo'llaniladi.

Termoelement yoki termopara deb, ikki xil metallni bir-biriga kavsharlab tuzilgan elektr zanjiriga aytiladi. Termoparalar yordamida temperaturalarni o'lchash uchun ular darajalanadi.

Termoparani darajalash deb, eksperimental yo'l bilan termoparadan hosil bo'ladigan termo-e.yu.k. va shu termoparaning kavsharlangan uchlari temperaturalarining farqi ΔT orasidagi bog'lanishni aniqlashga aytiladi. Solishtirma termo-e.yu.k.ni aniqlash va termoparani darajalash uchun 37-rasmdagi elektr sxemadan foydalaniladi.

Termoparani ikkala kavsharlangan uchini suv yoki moyga (273°K) tushiriladi. Termoparaning uchlaridan birini biror T temperaturagacha qizdiriladi, ikkinchisi esa birday $(T_1 = 273^0 K)$ temperaturada saqlanadi.

T temperaturada zanjirda hosil bo'lgan termo-e.yu.k. berk zanjir uchun Om qonuniga asosan

$$\varepsilon = I_1 \; R_0 = N_1 \; k_i \; R_0 \qquad \textbf{(8.11)}$$

bu yerda, R_0 - termopara, ulagich simlar va galvanometrning qarshiligi;

k_i - galvanometrning sezgirligi, ya'ni galvanometr shkalasi bitta bo'limining qiymati;

N- galvanometr strelkasining og'ishi. Agar temperaturani o'zgartirmasdan al'vanometrga ketma-ket qilib qo'shimcha qarshilik ulasak, u holda

$$\varepsilon = I_2 (R_0 + R) = N_2 k_i (R_0 + R) \qquad \textbf{(8.12)}$$

(8.10), (8.11) va (8.12) formulalardan foydalanib, solishtirma termo-e.yu.k.(termoparaning doimiysi).

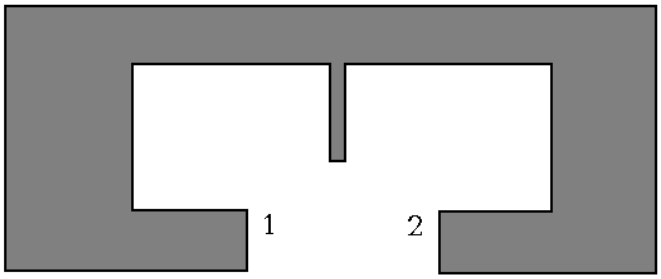
$$\alpha = \frac{k_i R}{T_1 - T_2} \quad \frac{N_1 N_2}{N_1 - N_2} \qquad \textbf{(8.13)}$$

aniqlanadi.

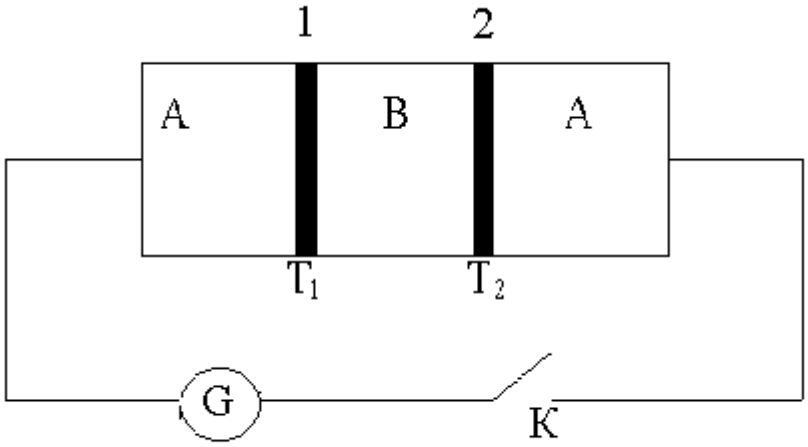
***Kerakli asbob va materiallar*:** termoparalar, qarshiliklar magazini, galvanometr, kalorimetr, elektr plita, suvni isitish uchun idish, termometr, ulagich simlar.

ISHNI BAJARISH TARTIBI.

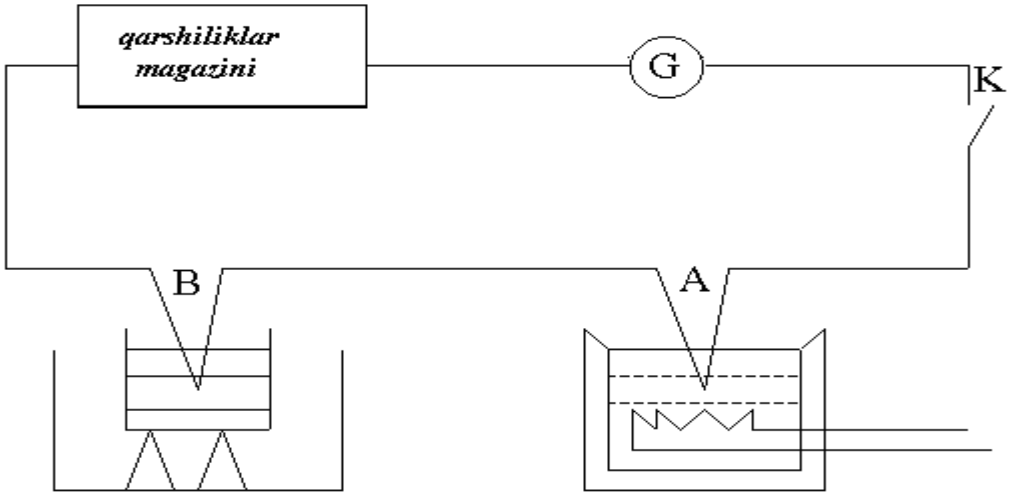
1. 37-rasmda keltirilgan elektr sxema o'rganiladi va yig'iladi.
2. A idishga va V kalorimetrning ichki idishiga eriyotgan muz solinadi va ularga termoparalar hamda termometrlar tushiriladi.
3. Qarshilik magazinining kalitlari qarshilikning nol holatiga qo'yiladi va K kalit tutashtiriladi.



35-rasm.



36-расм



37-расм

4. Termometrlarning ko'rsatishlari bir xil bo'lgan holda galvanometr strelkasi nolga keltiriladi (asbobning korrektori bilan).
5. Elektroplita yordamida A idishdagi eriyotgan muz isitila boshlanadi va temperaturaning har bir 10°S o'zgarishiga mos keluvchi N_1 galvanometrning ko'rsatishi yozib boriladi. Tajriba suv qaynaguncha davom ettiriladi.
6. Suv qaynab turgan vaqtda qarshiliklar magazinida biror R qarshilik olinadi va galvanometrning ko'rsatishi N_2 yozib olinadi.
7. Bu tajriba bir necha R qarshilik uchun takrorlanadi, so'ngra qarshilik nol' holatga keltirilib, elektr plita tarmoqdan uziladi.
8. Suv soviy boshlaganda har bir 10°S oraliqda yana galvanometrning ko'rsatishi N_1 yozib boriladi. Hisob suvning temperaturasi xona temperaturasidan 10 gradus yuqori bo'lganda to'xtatiladi.
9. Olingan natijalar jadvalga yoziladi. Jadvaldan foydalanib isitilgan va sovitilgan xollar uchun $R = 0$ bo'lganda $N = f(\Delta T)$ bog'lanish grafigi millimetrli qog'ozga chiziladi.
10. Termoparaning doimiysi (9.13) formula yordamida hisoblanadi.
11. O'lchangan va hisoblangan kattaliklar qiymatlari quyidagi jadvalga yoziladi:

12-jadval.

№	N_1	T_1, K^{-1}	N_1		N_2	R, Om	T_2, K^{-1}	α ,vg'K

O'Z-O'ZINI SINASH UCHUN SAVOLLAR.

1. Kontakt potensiallar ayirmasi deb nimaga aytiladi?
2. Termoelektrik hodisa deb nimaga aytiladi?
3. Solishtirma e.yu.k. deb nimaga aytiladi, Tajribada u qanday aniqlanadi?
4. Termoelement (termopara) nima?
5.Termoelementni darajalash deb nimaga aytiladi?

9- LABORATORIYA ISHI
MAVZU: YARIM O'TKAZGICHLI DIODNING VOLT-AMPER XARAKTERISTIKASINI OLISH

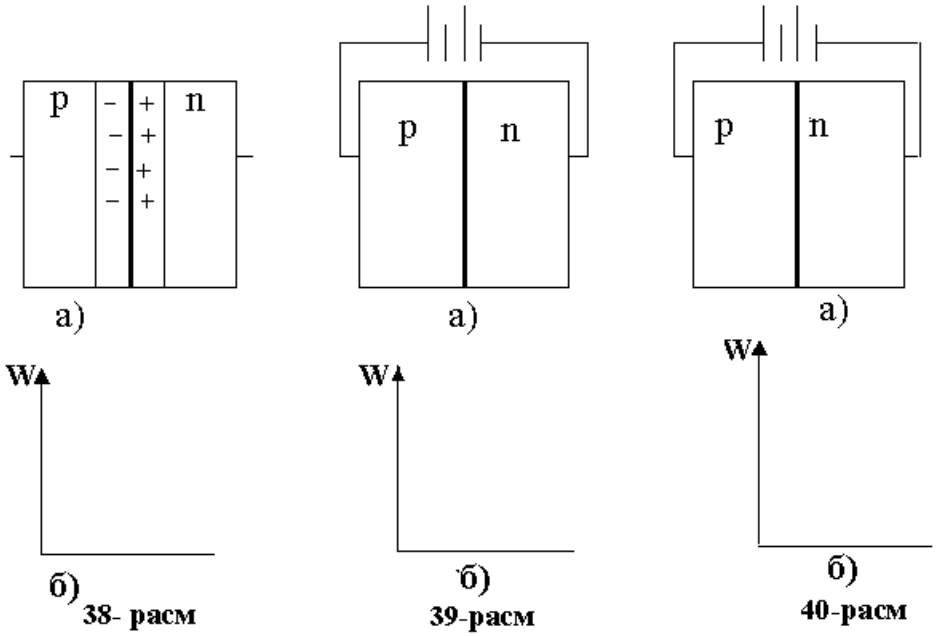
Ishning maqsadi: Diodning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish va uning volt-amper xarakteristikasini olish.

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

p - va n - tipdagi ikkita yarim o'tkazgich (6-laboratoriya ishiga qaralsin)ni bir-biriga tekkizish yo'li bilan ularning kontaktida elektronkovak yoki qisqacha p-n o'tish hosil qilish mumkin. p-n o'tish hosil qilish uchun yarim o'tkazgichlarni mexanik ravishda biriktirish yetarli emas, chunki bunda yarim o'tkazgichlar orasidagi masofa atomlar orasidagi masofaga qaraganda juda katta bo'ladi, p-n o'tish ucun esa bu masofa bir necha atomlararo masofadan ortmasligi kerak.

p-n o'tishni hosil qilish bilan tanishib o'taylik, n-tipdagi yarim o'tkazgich(masalan,germaniy) plastinka olinib, uning ustiga III- gruppa elementlari (masalan, indiy)dan eritib payvandlanadi. Indiyning aktseptor atomlari germaniy kristalliga kirib (diffuziyalanib) germaniy plastinkasining sirti yaqinida p-tipdagi o'tkazuvchanlik zonasini hosil qiladi. Germaniy plastinkaning indiy yetib bormagan qismi n-o'tkazuvchanlikka ega bo'lib qolaveradi. p va n sohalar chegarasida kengligi 10^{-4} –10^{-6} sm chamasida bo'lgan kontakt qatlam hosil bo'ladi. Agar yarim o'tkazgich plastinka p-tipdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'lsa, uning sirtida n-tip hosil qiluvchi V-gruppa elementlari(masalan,surma) eritib payvandlanadi.

Endi bunday kontaktda yuz beradigan fizik hodisalarni ko'rib o'taylik. p-n o'tishga tashqi elektr maydoni qo'yilmagan bo'lsin, u holda n-yarim o'tkazgichdan p-n o'tish orqali p-yarim o'tkazgichga elektronlar, p-yarim o'tkazgichdan esa n yarim o'tkakzgichga kavoklar o'ta boshlaydi. Natijada n-yarim o'tkazgich musbat, p-yarim o'tkazgich manfiy zaryadlanib qoladi (38-rasm,a) va elektron hamda kovaklarning p-n chegaradan o'tishiga to'sqinlik qiluvchi kontakt potensiallar ayirmasi vujudga keladi (38-rasm, b).



38- расм 39-расм 40-расм

Agar n-yarim o'tkazgichga manfiy, p-yarim o'tkazgichga musbat potensial qo'yilgan bo'lsa (39-rasm, a), ikkala yarim o'tkazgichning asosiy zaryad tashuvchilari p-n o'tish orqali o'tadi. Asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar, n-yarim o'tkazgichdagi kovaklar manbaning musbat qutbiga, p-yarim o'tkazgichda esa elektronlar manbaning manfiy qutbiga tomon harakat qiladi,natijada p-n o'tishning kengligi kamayadi (39-rasm, b) va zanjirdan tok o'tadi.

Odatda, tokning bu holdagi yo'nalishini to'g'ri yo'nalish, tokni esa to'g'ri tok, deb ataladi.

Agar manbaning manfiy qutbi p-yarim o'tkazgichga, musbat qutbi n-yarim o'tkazgichga ulangan bo'lsa (40-rasm,a), har bir yarim o'tkazgichning asosiy zaryad tashuvchilari kontaktdan o'zoqlashib, manbaning qutblari tomonga harakat qiladi, asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilargina p-n o'tish orqali o'tadi, natijada kontakt potensiallar ayirmasi ortadi (40-rasm, b). p-n o'tishning kengligi ham ortib ketadi, zanjirdan esa juda kuchsiz tok o'tadi. Tokning bu holdagi yo'nalishini teskari yo'nalishdokni esa teskari tok deb yuritiladi.

Turli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgichlar kontaktida vujudga kelgan oraliq qatlamning qarshiligi to'g'ri yo'nalish uchun oz, teskari yo'nalish uchun katta bo'ladi. SHuning uchun bu qatlamni berkituvchi qatlam deb ham yuritiladi.

Yuqorida aytilganlardan, p-n o'tishga berilayotgan kuchlanishni o'zgartirib undan o'tayotgan tokning o'zgarishini kuzatish mumkin ekanligi ko'rinib turibdi, bu esa r-p o'tishning volt-amper xarakteristikasini olishdir. Demak, p-n o'tishning volt-amper xarakteristikasi deb, unga qo'yilgan kuchlanish bilan undan o'tayotgan tok kuchi orasidagi bog'lanishga aytiladi. p-n o'tishning volt-amper xarakteristikasi quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$I = I_0\left[\exp\left(\frac{ell}{kT}\right) - 1\right] \qquad \textbf{(10.1)}$$

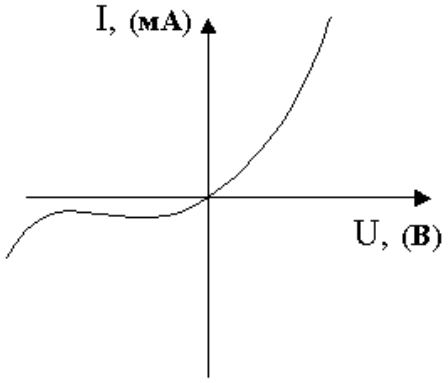
bu yerda, I - p - n o'tish orqali o'tuvchi tok;

I_0 - to'yinish toki;

U - tashqi kuchlanish;

(9.1) formuladan, agar p-n o'tishga teskari –U>>kTg'e kuchlanish berilsa $I \to I_0$ bo'lishligi, agarda to'g'ri kuchlanish berilsa, tok ortib ketishi ko'rinib turibdi (41-rasm).

p-n o'tishning tokni bir tomonga yaxshi, ikkinchi tomonga yomon o'tkazish xususiyatidan, o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka to'g'rilagichlar sifatida foydalaniladi.



41-расм

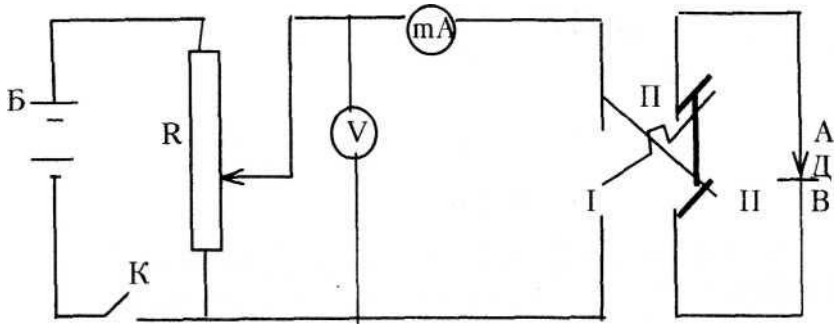
Yarim o'tkazgichli bunday to'g'rilagichlarni kristall diod yoki to'g'ridan-to'g'ri diodlar deb ataladi. Ular konstruktsiyasiga qarab nuqtaviy va yassi diodlarga bo'linadi. Nuqtaviy diodlar yuqori chastotali tebranishlarni detektorlash(to'g'rilash) uchun ishlatiladi. Yassi diodlar esa asosan o'zgaruvchan toklarni to'g'rilash uchun ishlatiladi. Hozirgi vaqtda turli tipdagi yarim o'tkazgichli diodlar ishlab chiqarilmoqda. Biz quyida ana shunday diodlardan ba'zilarining volt-amper xarakteristikasini olish bilan shug'ullanamiz

Kerakli asbob va materiallar: Turli tipdagi diodlar; tok manbai; voltmetr; milliampermetr; reostatlar; tok almashtirgich; 2 holatli kalit; ulagich simlar; ossillograf;' pasaytiruvchi transformator yoki tovush generatori; qarshilik

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1-mashq. To'g'ri tok uchun diodning volt-amper xarakteristikasini olish.

1. 42-rasmda keltirilgan elektr sxema o'rganiladi va yig'iladi.
   2P kalit 1 holatga qo'yiladi.
2. R reostatning surilgichi beriladigan kuchlanishning nol holatiga qo'yiladi va K kalit tutashtiriladi.



42-rasm.

Reostat surilgichini ohista siljitish bilan diod klemmalariga kuchlanishlar berib, ularga mos tokning qiymatlarini milliampermetrdan yozib olinadi, K kalit zanjiridan ajratiladi.

A va V klemmalarga boshqa tipdagi diodlar ulanadi va ular uchun ham yuqoridagi punktlar takrorlanadi.

O'lchash natijalari 13-jadvalga yoziladi.

13-jadva.l

$U_{to'gri}$, B		

I, mA		

2-mashq. Teskari tok uchun diodning volt-amper xarakteristikasini olish.

1. P kalit 2 holatga qo'yiladi.
2. R reostatning surilgichi eng katta qarshilik holatiga qo'yiladi.
3. K kalit tutashtiriladi va reostatning surilgichini siljita borib, har bir volt kuchlanishga mos keluvchi tok kuchining qiymati milliampermetrdan yozib olinadi.
4. Boshqa diodlar uchun ham tajriba takrorlanadi. K kalit zanjirdan ajratiladi.
5. Olingan natijalar 14- jadvalga yoziladi.

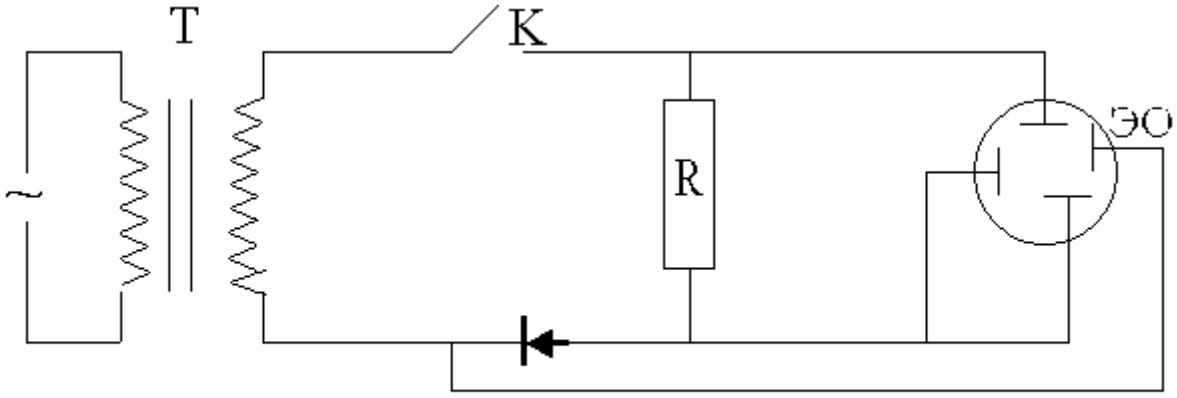
14-jadval.

$U_{tesk,}$ B		
I, mA		

6. Har bir diod uchun to'g'ri va teskari toklarning kuchlanishga bog'lanish grafigi millimetrli qog'ozga chiziladi.
7. Olingan volt-amper xarakteristikalaridan foydalanib, har bir diodning $U_{to'gri.}U_{teskari}$ qiymatlari uchun to'g'ri va teskari yo'nalishlardagi qarshiligi $R = U / I$, hamda to'g'rilash koeffitsienti topiladi.

3-*mashq*. Ospillograf yordamida diodning volt –amper xarakteristikasini kuzatish.

1. Ossillograf tarmoqqa ulanadi va sozlanadi.
2. 43-rasmda keltirilgan elektr sxema o'rganliadi va yig'iladi.



43-расм.

3. Pasaytiruvchi transformator (yoki tovush generatori) tarmoqqa ulanadi
4. K kalit elektr zanjiriga tutashtiriladi.
5. Ossillograf ekranida diodning volt-amper xarakteristikasi hosil qilinadi.
6. Ekrandagi volt-amper xarakteristika millimetrli qog'ozga ko'chirib olinadi.
7. Boshqa diodlar uchun ham yuqoridagi bandlar bajariladi.

10-LABORATORIYA ISHI
MAVZU: MAGNIT INDUKSIYASINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Galvanometr, flyuksometr yordamida magnit induksiyasini aniqlash bilan tanishish va o'lchash malakasini hosil qilish.

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Faraz qilaylik, magnit maydonida simdan yasalgan yopiq kontur (ramka) bo'lsin.

Bu konturni F magnit oqimi kesib o'tsin. Magnit oqimining o'zgarishidan hosil bo'lgan e.yu.k.ning oniy qiymati

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \qquad \textbf{(10.1)}$$

ga teng.

Konturda induksion tok hosil bo'lganda o'tkazgich bo'ylab zaryadlar ko'chadi. Agar e.yu.k. g va zanjirning to'la qarshiligi K. ma'lum bo'lsa, konturda hosil bo'lgan tokning oniy qiymati Om qonuniga asosan

$$I = \varepsilon / R \qquad \textbf{(10.2)}$$

yoki (10.1) ni hisobga olsak,

$$I = -\frac{i}{R}\frac{d\Phi}{dt} \qquad \textbf{(10.3)}$$

dt vaqt ichida o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan ko'chib o'tgan dt elektr miqdori

$$dq = Idt \qquad \textbf{(10.4)}$$

bo'lganligi tufayli (11.3) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$dq = \left(-1/R\right) d\Phi \qquad \textbf{(10.5)}$$

bu yerda, dF - kontur orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimining dt vaqtdagi o'zgarishi.

Agarda magnit induksiya oqimi F dan 0 gacha kamaysa, o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan o'tgan to'la elektr miqdori

$$q = -\frac{1}{R}\int_{\phi}^{0} d\Phi = \frac{\Phi}{R} \qquad \textbf{(10.6)}$$

ifoda orqali topiladi. Konturdan o'tayotgan magnit oqimi

$$\Phi = \mathrm{B}Sn \qquad \textbf{(10,7)}$$

ekanligini hisobga olib, (10.6) ifodani quyidagicha ekanligini yozish mumkin:

$$q = BSn / R \qquad \textbf{(10.8)}$$

bu yerda, V - magnit induksiyasi; S - konturning yuzasi; n- o'ramlar soni; (10.8) formuladan magnit induksiyasi uchun quyidagini olamiz:

$$\mathrm{B} = qR / Sn \qquad \textbf{(10.9)}$$

(10.9)dan ko'rinadiki, magnit maydon induksiyasi V konturni maydonda harakatlantirilganda kontur orqali oqib o'tadigan zaryad miqdoriga, zanjirning to'la qarshiligiga to'g'ri proporsional bo'lib, konturning ko'ndalang kesimiga va undagi o'ramlar soniga teskari proporsional bo'ladi.

Tajriba yordamida V ni aniqlash uchun ballistik galvanometr yoki shkalasi avvaldan kulonlarda darajalangan kulonometrlardan foydalanib, q aniqlanadi va (10.9) formula orqali V hisoblanadi. Bunda R, n va S larning qiymatlari ma'lum deb qaraladi.

Ballistik galvanometr shkalasidan

$$q = C\alpha \qquad \textbf{(10.10)}$$

formula orqali zaryad miqdori aniqlanadi. Bu yerda, S - ballistik galvanometr doimiysi, galvanometr shkalasida yozib qo'yilgan. α - galvanometr strelkasining eng katta og'ishi.

(10.10) formulani hisobga olib, (10.9) ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

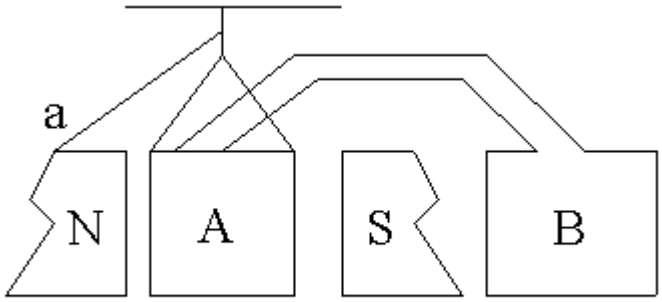
$$\mathrm{B} = C\alpha R / nS \qquad \textbf{(10.11)}$$

$$B = C_б \alpha / nS \qquad \textbf{(10.12)}$$

bu yerda, $C_б = CR$ - galvanometrning kritik qarshiligini hisobga olgan holda ballistik galvanometrning doimiysi.

Galvanometr ballistik rejimda ishlashi uchun uning zanjiriga kontur bilan ketma-ket qilib rezistor ulanadi. Bu rezistorning qarshiligi galvanometrning ichki qarshiligi va konturning qarshiligidan bir necha marta katta bo'lishi kerak (1-1.5 kOm). Lekin qarshilik orttirilgan sari bir tomondan: galvanometr ballistik rejimga tushsa, ikkinchi tomondan, uning sezgirligi kamayadi, shuning uchun qarshilikni juda ham orttirib yubormaslik kerak.

Magnit induksiyasini flyuksometr deb ataluvchi milliveberlarda darajalangan (magnit induksiya oqimini o'lchaydigan) asbob yordamida ham o'lchash mumkin. Flyuksometrning sxemasi 44-rasmda keltirilgan. O'zgarmas magnit (N va S) qutblari orasiga A ramka kiritilgan. Bu ramka juda ingichka va yumshok a ipga osilgan, shuning uchun ramka buril-ganda hosil bo'ladigan burilish momenti juda ham kichik bo'ladi.



44 - расм

A ramkaning uchlari ikkinchi V ramkaga ulangan. V ramka magnit induksiya oqimining qiymati o'lchanadigan fazoga kiritiladi. Agar V ramka dastlab magnit maydonidan tashqarida turgan bo'lsa, u holda magnit induksiya oqimining o'zgarishi natijasida bu ramkada induksion tok hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan tok A ramka orqali ham o'tib, uni N - S magnit maydonida burilishga majbur etadi. Bu burilish natijasida A ramka orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimi o'zgaradi va A ramkada ham induksion tok hosil bo'ladi. Bu tok Lents qoidasiga asosan, shunday

yo’-nalganki, uning magnit kuchlari ramkani harakatdan to’xtata boshlaydi. Natijada A ramka to’xtaydi. Ramkaning burilish burchagiga qarab, V ramka orqali o’tayotgan magnit induksiya oqimini o’lchash mumkin. Ramka (V) magnit maydoni induksiyasi kuch chiziqlariga normal vaziyatda joylashtirilganda

$$\Delta\Phi = BS_B$$

bo’lganligi sababli, magnit maydon induksiyasi

$$B = \Delta\Phi / S_B \qquad \textbf{(10.13)}$$

orqali aniqlanishi mumkin. Bu yerda S_B - V ramkaning yuzasi.

Kerakli asbob va materiallar: taqasimon magnit; o’ramlar soni ma’lum bo’lgan ramka (g’altak); ballistik galvanometr; M-19 tipidagi milliveberometr (flyuksometr); shtangen tsirkul’; etalon kondensator; voltmetr; kalit; kalit; ulovchi simlar.

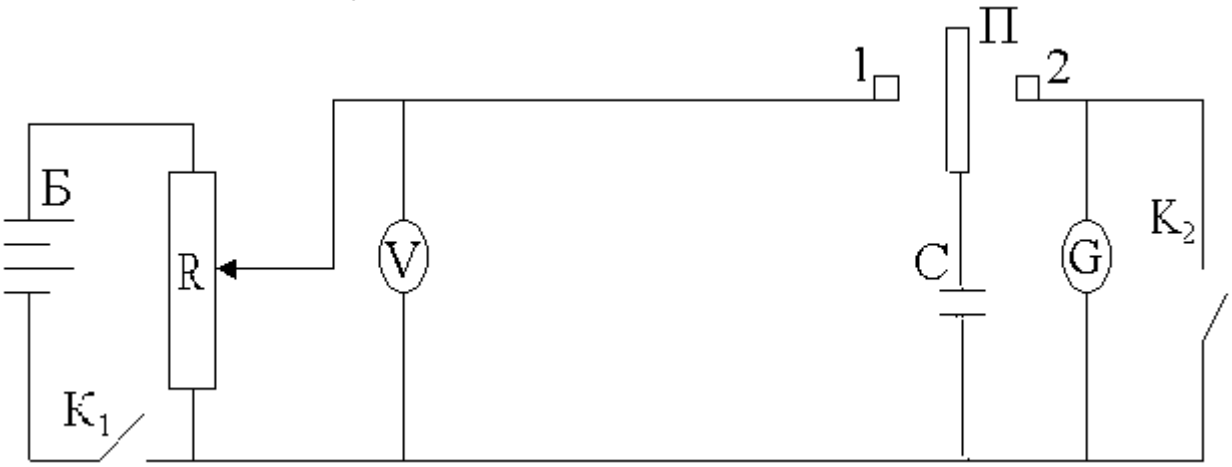
ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1-mashq. Ballistik galvanometrning doimiysini aniqlash.

1. 45-rasmdagi elktr sxema o’rganiladi va yig’iladi.

2. P kalit 1-holatga qo’yiladi.

3. K_1 kalit ulanadi va R potensiometr yordamida S kondensatorga kuchlanish berilib, kondensator zaryadlanadi.



45-rasm.

4. P kalit 2-holatga qo’yiladi va shu vaqtning o’zida galvanometr strelkasining og’ishi α belgilab olinadi.

5. Tajriba 5-6 marta takrorlanadi.

6. Har bir tajriba uchun $C_б = \frac{CU}{\alpha}$ ballistik gal’vano metrning doimiysi hisoblanadi.

7. O’lchash va hisoblash natijalari 15-jadvalga yoziladi.

15 – jadval.

tg’b №	U,B	S,F	α	Sb	ΔSb	(ΔSbg’Sb)100%

2-mashq. Taqasimon magnitning magnit induksiyasini aniqlash.

1. G'altak (ramka) ning o'ramlar soni *n* yozib olinadi.
2. G'altakning diametri D shtangentsirkul yordamida aniqlanadi va g'altakning yuzasi S hisoblanadi.
3. G'altakning uchlari galvanometrning qisqichlariga ulanadi (46-rasm).
4. G'altak taqasimon magnitning maydoniga kiritilib, uning tekisligi magnit maydon induksiyasi kuch chiziqlariga normal qilib o'rnatiladi.
5. G'altak tezlik bilan magnit maydonidan tortib chiqariladi va shu vaqtning o'zida galvanometr strelkasining og'ishi α belgilab olinadi.
6. S_b avvalgi mashqdan olinib, n, S va α larning qiymatlarini (10.12) formulaga qo'yib, taqasimon magnitning magnit maydon induksiyasi hisoblab topiladi.
7. Tajriba 5-6 marta takrorlanadi.
8. Olingan va hisoblangan natijalar 16-jadvalga yoziladi.

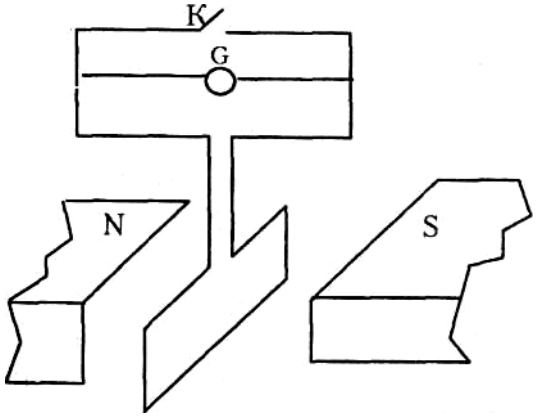
16 – jadval.

Tg'b №	n	D,m	S, m^2	C_b	V,Tl	ΔV, Tl	(ΔVg'V)100%

<u>3-mashq.</u> Flyuksometr yordamida taqasimon magnitning magnit induksiyasini aniqlash.

G'altak ballistik galvanometrdan bo'shatilib, flyuksometr qisqichlariga ulanadi (46-rasm).

2. 2-mashqning 4-va 5- bandlari takrorlanadi. Flyuksmetrning ko'rsatishi F yozib olinadi.
3. (10.13) formuladan V_f ning qiymati topiladi.
4. Tajriba 4-5 marta takrorlanadi.
5. Olingan va hisoblangan natijalar 17-jadvalga yoziladi.
6. 2-mashqda topilgan V bilan 3-mashqda aniqlangan qiymati solishtiriladi.



46-rasm.

17-jadval.

№	F,Vb	S, m^2	N	v_f,t	ΔV_F,T	(ΔV_Fg' V_f) 100%

O'Z-O'ZINI SINASH UCHUN SAVOLLAR.

1.Magnit maydoni kuchlanganligi va induksiyasi, ularning o'zaro bog'lanishi va birliklarini ayting.
2. Elektromagnit induksiya hodisasini tushuntiring.
3. Magnit oqimi va uning birliklarini ayting.
4. Bio-Savar-Laplas qonunini ta'riflang.
5.Flyuksometrning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.

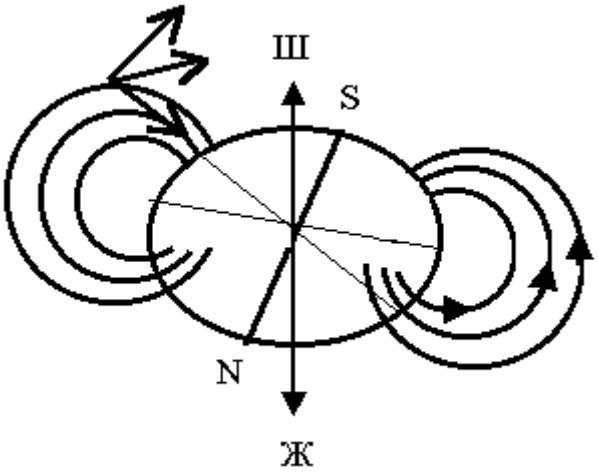
11-LABORATORIYA ISHI
MAVZU: YER MAGNIT MAYDONI INDUKSIYASI GORIZONTAL TASHKIL ETUVCHISINI VA TANGENS-BUSSOL DOIMIYSINI ANIQLASH

Ishning maqsad.: *Ye*r magnit maydoni induksiyasi gorizontal tashkil etuvchisini aniqlashning metodlari bilan tanishish va Yer magnetizmining elementlarini o'rganish.

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Yerni shartli o'rtacha radiusi 6371 km bo'lgan, magnitlangan, o'z o'qi atrofida aylanuvchi shar deb qarash mumkin. Magnitlangan sharning maydoni amalda uning markaziga joylashgan to'g'ri magnitning maydoni bilan bir xil bo'ladi. Shuning uchun magnit maydonini o'rganishda u katta to'g'ri magnit sifatida olinadi. Yerning magnit o'qi uning aylanish o'qi bilan 12 gradus burchak hosil qilib, Yer markazidan taxminan 300÷400 km Tinch okeaniga tomon siljigan bo'ladi. Bunday gigant magnitning kuch chiziqlari janubiy geografik kenglik qutbi tomonida joylashgan shimoliy magnit qutbidan chikib, Yer sharini aylanib o'tadi va shimoliy geografik kenglik qutbida joylashgan janubiy magnit qutbiga kiradi (47-rasm).

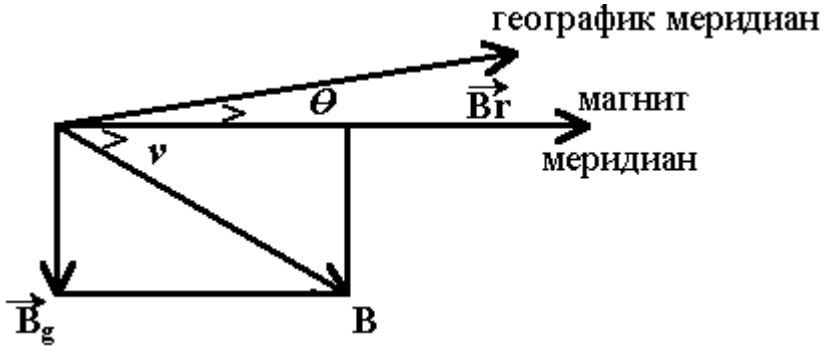
Yerning magnit maydoni fazoning har bir nuqtasida kuchlanganligi va uning ta'sir yo'nalishi bilan xarakterlanadi. Magnit kuch chiziqlarining yo'nalishi magnit strelkalari yordamida aniqlanishi mumkin. Agar magnit strelkasining og'irlik markazi osilish nuqtasi bilan ustma-ust tushadigan qilib olinsa, u Yer magnit maydonining kuch chiziqlariga urinma ravishda yo'naladi.



47- rasm.

Yer magnit maydoni induksiyasining yo'nalishi bilan ustma-ust tushuvchi yer sirtidagi chiziq magnit meridiani deb, ataladi. Magnit strelkasining yo'nalishi Yer sirtining har bir nuqtasida magnit meridiani bo'ylab joylashadi. Magnit va geografik meridianlar orasidagi 0 burchak magnit og'ishi, gorizontal tekislik bilan Yer magnit

maydoni induksiyasining yo'nalishi orasidagi V burchak magnit enkayishi deyiladi (48-rasm).



48- rasm.

Yer magnit maydoni induksiya vektorini gorizontal va vertikal tashkil etuvchilarga ajratish mumkin. Og'ish va enkayish burchaklarini hamda gorizontal tashkil etuvchini bilgan holda Yerning berilgan nuqtasidagi magnit maydoni induksiyasi va uning yo'nalishini aniqlash mumkin. Gorizontal tashkil etuvchi V_g, magnit enkayishi V va magnit og'ishi θ burchaklari Yer magnetizmining asosiy elementlari hisoblanadi. Ular orasida quyidagicha bog'lanish bor:

$$B = \sqrt{B_r^{\,2} + B_B^{\,2}} \quad ; tgv = B_B / B_r \, ; \theta = \varphi_{геог} - \varphi_{магн} \qquad \textbf{(11.1)}$$

bu yerda, $\varphi_{геог}$ va $\varphi_{магн}$ -geografik va magnit meridiani uzunlik burchaklari.

Magnit qutblarida gorizontal tashkil etuvchi $B_r = 0$ bo'lib, vertikal tashkil etuvchisi $B_B = B$, magnit ekvatorida esa $B_B = 0$, bo'lib, $B_r = B$ bo'ladi.

Tajribada Yer magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisini tangens-bussol deb ataluvchi asbob yordamida aniqlash mumkin. Tangens-bussolning doiraviy sim o'tkazgichidan tok o'tmay turganda magnit strelkasiga faqat Yer magnit maydonining gorizontal tashkil etuvchisi $f_б$ kuch bilan ta'sir qiladi va uni magnit meridiani yo'nalishiga buradi. Bu holda sim o'ramlarining vertikal tekisligi magnit meridiani tekisligi PQ bo'yicha joylashadi (49-rasm). Sim o'ramlaridan tok o'tkazilganda uning atrofida magnit maydoni hosil bo'ladi va magnit strelkasiga f_B kuch bilan ta'sir qiladi. F_B kuch galvanometr doira tekisligiga tik yo'nalgan bo'lib, magnit strelkasining har bir N va S qutblariga ta'sir qiladi. Bu juft kuch ta'siridagi magnit strelkasi RQ magnit meridianidan φ burchakka buriladi. f_r va f_B kuchlarning teng ta'sir etuvchisi magnit strelkasining markazi 0 nuqtadan o'tganda muvozanat yuzaga keladi (49-rasm). f_r va f_B kuchlar orasidagi bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$f_B = f_r \, tg\varphi \qquad \textbf{(11.2)}$$

Kuchlarni magnit maydoni induksiyasi bilan almashtirsak:

$$B_B = B_r tg\varphi \qquad \textbf{(11.3)}$$

n o'ramga va r radiusga ega bo'lgan aylanma tok markazidagi magnit maydon induksiyasi SI birliklar sistemasidagi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$B_B = \mu_0 nI / 2r \qquad \textbf{(11.4)}$$

U holda, Yer magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisi

$$B_r = \mu_0 nI / 2\, r\, tg\varphi \qquad \textbf{(11.5)}$$

(11.5) formuladan

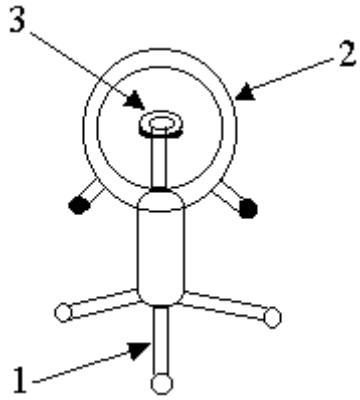
$$I = 2rB_r tg\varphi / \mu_0 n \qquad \textbf{(11.6)}$$

Berilgan vaqt momentidan aniq joy uchun V ning qiymati o'zgarmas bo'lib, r va n lar ham o'zgarmas kattaliklar bo'lganligi sababli (11.6) ni

$$I = C\, tg\varphi \qquad \textbf{(11.7)}$$

deb yozish mumkin. Bu yerdan (galvanometr) tangens-bussol doimiysi

$$C = I / tg\varphi = 2rB_r / \mu_0 n \qquad \textbf{(11.8)}$$



49-rasm. *50 – rasm.*

Tangens-bussolning tuzilishi. Tangens-bussol taglik (1) ga o'rnatilgan sim o'ralgan g'altak (2) dan iborat (50-rasm). g'altakning markazidagi taglik (3) ga BSH-1 tipidagi bus-sol o'rnatilgan. BSH-1 bussol magnit strelkasiga mahkamlangan va darajalangan limbdan hamda limbdagi sonlarni o'qish uchun optik dioptrdan iborat. Limb 0 dan 360 gradusgacha bo'limlarga bo'lingan alyuminiy halqadan yasalgan. Optik dioptrning gardishiga to'g'ri burchakli prizma o'rnatilgan, prizmaga esa lupa yopishtirilgan. Bular yordamida limbning sonlari va bo'limlari bo'lgan qismlari kuzatiladi. Bussoldan foydalanish uchun uning dioptrlarini ochish kerak, arritrning boshchasi (golovka)ni bosib turib, uni biroz aylantirish (burish) kerak. Arritr boshchasi bosilganda magnit strelkasi igna uchiga tushadi va erkin harakatlana oladigan bo'lib qoladi. Hisoblanadigan burchaklarning qiymati dioptrning ipi bilan limb shkalasining ustma-ust kelgan joyidagi songa teng bo'ladi.

Yer magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisini aniqlash uchun ballistik galvanometrdan ham foydalanish mumkin. Buning uchun kvadrat

ramka yasaladi va unga ~ 100-150 chulg'am mis sim o'raladi. Ramkaning o'lchami taxminan ~ 0,5x0, 5 m atrofida bo'lishi mumkin. Simning ikki uchi ballistik galvanometrning klemmalariga ulanadi. Ramka tekisligini magnit strelkasiga perpendikulyar qilib o'rnatiladi. So'ngra ramka vertikal o'q atrofida tezdan 180° ga buriladi. Ramka Yerning magnit maydoni kuch chiziqlarini kesib o'tganligi sababli unda induksion tok hosil bo'ladi, natijada ramkaga ulangan galvanometr strelkasi ma'lum burchakka og'adi. 10-laboratoriya ishida ko'rganimizdek, galvanometr zanjiridan o'tgan elektr miqdorini topish mumkin. Ramkani 180° ga burganda magnit oqimining o'zgarishini

$$\Delta\Phi = 2B_r S = qR/n \qquad \textbf{(11.9)}$$

formula orqali topish mumkin. (11.9) formuladan 10-laboratoriya ishidagi (10-12) ifodalarni hisobga olib,

$$B_r = C_б \alpha / 2Sn \qquad \textbf{(11.10)}$$

ni hosil qilamiz.

Kerakli asbob va materiallar: tangens-bussol; tok kaliti; voltmetr; kalit; ballistik galvanometr; o'lchovchi ramka; taglik bilan magnit strelkasi; reostat; ulagich simlar.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1-mashq. *Ye*r magnit maydoni induksiyasi gorizontal tashkil etuvchisini tangens-bussol yordamida aniqlash.

1. Tangens-bussol G, ampermetr A, reostat R, tok yo'nalishini o'zgartiruvchi kalit P, tok manbai B, voltmetr V va K kalitlardan iborat elektr zanjiri tuziladi (51-rasm).

2. BSH-1 tipidagi bussolning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishiladi.

3. Tangens-bussol g'altagining o'ramlar radiusi aniqlanadi va o'ram soni n yozib olinadi.

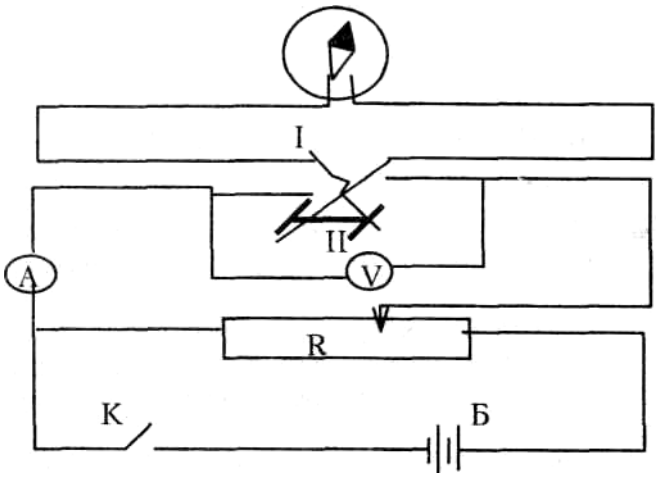
4. Bussolning S-Yu (Sh-J) strelkasi g'altak diametri bo'yicha yo'naladigan qilib o'rnatiladi.

5. Kalit 1-holatga qo'yiladi. K kalit zanjirga ulanib, R reostat yordamida tokning biror aniq qiymati tanlanadi.

6. Bussol strelkasi to'xtagandan so'ng, burilish burchagi φ_1 va ampermetrdan tokning qiymati yozib olinadi.

7. Tokning kattaligi o'zgartirilmasdan P kalit 2-holatga qo'yilib, φ_2 burchak o'lchanadi va ikkala ko'rsatishning o'rtachasi $\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$ topiladi.

Tajriba tokning turli qiymatlari uchun 4-5 marta shrorlanadi.



51-rasm.

9. (11.5) va (11.8) formulalardan foydalanib, V_g va S ar hisoblanadi.
10. O'lchash va hisoblash natijalari 18-jadvalga yoziladi.

18-jadval.

№	φ_1	φ_2	n	r,m	I,A	S,A	V_g,T_l	ħv_g,t_l	(ħV_gg'V_g) 100%

***2-mash*q.** Yer magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisini ballistik galvanometr yordamida aniqlash.

1. Magnit strelkasi taglikdagi ignaga o'rnatiladi.
2. Ballistik galvanometr doimiysi 10-laboratoriya ishidan olinadi.
3. Ramkaga o'ralgan mis simning uchlari ballistik galvanometrning klemmalariga ulanadi.
4. Ramka tekisligi magnit strelkasiga perpendikulyar o'rnatiladi.
5. Ramka tezda vertikal o'q atrofida 180° ga buriladi va shu momentdagi galvanometr strelkasining og'ishi yozib olinadi.
6. O'ramlar soni va ramkaning ko'ndalang kesim yuzi avvaldan ma'lum deb (11.10) formuladan foydalanib, V_g topiladi.
7. O'lchangan va hisoblangan natijalar 19-jadvalga yoziladi.

19-jadval.

№	n	α	S,m^2	$S_{6,}$ Ag'o'ram	$B_{r,}T_l$	ħ$V_{n,}T_l$	(ħV_gg'V_g)100%

8. Tajriba 5-6 marta takrorlanadi.
9. 1-mashq va 2-mashqda topilgan V_g qiymatlari solishtiriladi.

O'Z - O'ZINI SINASH UCHUN SAVOLLAR

1. Magnit strelkasi taglikdagi ignaga o’rnatiladi.
2. Ballistik galvanometr doimiysi 10-laboratoriya ishidan olinadi.
3. Yer magnetizmi va uning elementlarini tushuntiring.
4. Aylanma tokning magnit maydoni nimaga teng?
5. Amper qonunining ma’nosini tushuntiring.
4. Tangens - bussolning tuzilishi va ishlash priitsipini tushuntiring.

12 - LABORATORIYA ISHI
MAVZU: ELEKTRONNING SOLISHTIRMA ZARYaDINI ELEKTRON-NUR TRUBKA YoRDAMIDA ANIQLASH.

Ishning maqsadi: Elektronning solishtirma zaryadini ular oqimining Yer magnit maydonida og’ishidan foydalanib aniqlash.

ISH TO’G’IDA NAZARIY TUSHUNCHA

Potensiallar farqi U bo’lgan elektr maydonda tezlash irilgan elektron magnit induksiyavektori $\vec{B}$ bo’lgan bir jinsli magnit maydoniga doimiy $\vec{v}$ tezlik bilan kirib kelsin. Induksiya vektori $\vec{B}$ bilan $\vec{v}$ tezlik vektori o’zaro perpendikulyar bo’lsa, bu maydon elektronga moduli

$$F = evB \qquad \textbf{(12.1)}$$

ga teng bo’lgan kuch bilan ta’sir qyladi. F kuch Lorens kuchi deb ataladi. Bu kuch har qanday zaryadlangan zarrachaning magnit maydonida harakatlanishi natijasida yuzaga kelib, uning vektori tezlik $\vec{v}$ va magnit induksiyasi $\vec{B}$ larning yo’nalishiga perpendikulyar yo’nalgan bo’ladi. Lorens kuchining yo’nalishini chap qo’l koidasi yoki parma qoidasi yordamida aniqlanadi.

Elektronning tezligi kattaligi jihatdan o’zgarmas bo’lib, faqat yo’nalishi bilan o’zgaradi, shuning uchun u Lorens kuchi ta’siri ostida doiraviy traektoriya bo’ylab harakat qiladi. Bu holda Lorens kuchi doiraning markaziga tomon yo’nalgan bo’ladi, ya’ni u markazga intilma kuch ko’rinishida namoyon bo’ladi. Agar doiraning radiusi R bo’lsa, elekron v^2/R ga teng markazga intilma tezlanish bilan harakatlanadi. N’yutonning ikkinchi qonuniga asosan

$$F_M = ma_M = mv^2/R \qquad \textbf{(12.2)}$$

bu yerda, F_m - markazga intilma kuch.

Lorens kuchi markazga intilma kuch bilan teng bo'lganligi sababli (12. 1) va (12. 2) formulalardan quyidagini yozamiz:

$$m\,v^2 / R = evB \qquad \textbf{(12.3)}$$

Elektron potensiallar ayirmasi U bo'lgan elektr maydonida tezlashtirilganda, uning kinetik energiyasi elektr kuchlari bajargan ishi *eU* hisobiga ortgani uchun

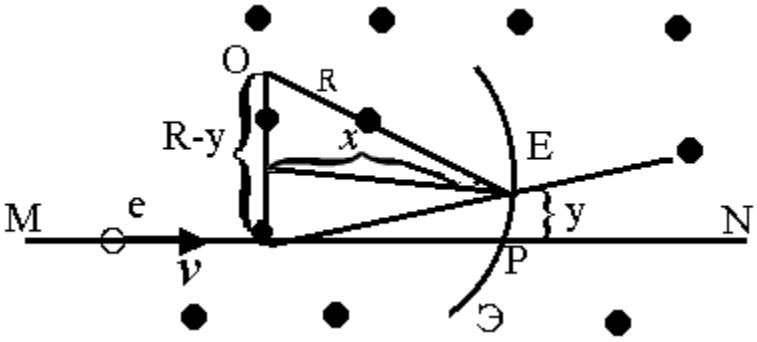
$$eU = mv^2 / 2 \qquad \textbf{(12. 4)}$$

deb yozish o'rinli bo'ladi. (12.3) va (12.4) ifodalardan

$$e / m = 2U / R^2 B^2 \qquad \textbf{(12.5)}$$

ni hosil qilamiz. Bu yerda e/m - elektronning solishtirma zaryadi. (12.5) formuladan ko'rinadiki, elektronning solishtirma zaryadini aniqlash uchun tezlashtiruvchi kuchlanish U ni, magnit induksiyasi V ni va elektron harakati traektoriyasining egrilik radiusi R ni bilish kerak, lekin U va V larni ma'lum deb qarash mumkin (chunki U ni voltmetr yordamida o'lchash mumkin), elektronlar harakati yo'nalishiga perpendikulyar yo'nalgan Yer magnit maydonining induksiya vektori V ni esa tajriba o'tkazilayotgan joy uchun tablitsa yoki boshqa manbalardan olish mumkin. Egrilik radiusi R noma'lum. Uni aniqlash uchun elektron nur trubkada tezlashtirilgan elektronlarning Yer magnit maydoni ta'sirida og'ishidan foydalaniladi.

Elektronnur trubkaning katodidan chiqayotgan elektronlar oqimi birinchi va ikkinchi anodlar yordamida tezlashtiriladi. Magnit maydoni bo'lmaganda bu oqim MNo'q bo'ylab harakat qilgan bo'lar edi, lekin elektronlar oqimiga Yerning magnit maydoni ta'sir qilib, uni og'diradi, natijada elektronlar E ekranning R nuqtasiga tushmasdan MN o'qdan U masofadagi E nuqtasiga tushadi (52-rasm).



52- rasm.

52- rasmdan

$$R^2 = (R - y)^2 + x^2 \qquad \textbf{(12.6)}$$

yoki

$$R = \left(x^2 + y^2\right) / 2y \qquad \textbf{(12.7)}$$

Bu formuladan R ning qiymatini (12.5) ifodaga qo'yib

$$\frac{e}{m} = \frac{8Uy^2}{B^2{}_{ep}\left(x^2 + y^2\right)^2} \qquad \textbf{(12.8)}$$

va y<<x ekanligini hisobga olib,

$$\frac{e}{m} = \frac{8Uy^2}{B^2{}_{ep}\,x^4} \qquad \textbf{(12.9)}$$

elektronning solishtirma zaryadi topiladi. Bu yerda, *u* elektronlar dastasining og'ishi, masshtab lineyka yordamida o'lchanadi; x-ikkinchi anoddan ekrangacha bo'lgan masofa, qurilmaga yozib qo'yiladi.

Kerakli asbob va materiallar: Elektron-nur trubka, ikkita voltmetr, tangens-bussol (kompas), tok manbai, reostat, transportir, masshtabli chizg'ich, kalit.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1.Ishning elektr sxemasi o'rganiladi va yig'iladi (53-rasm).

2.K kalit tutashtiriladi va trubka qiziguncha bir-ikki minut kutiladi.

Z.BSh-I tipidagi bussol yordamida yoki kompas yordamida elektron-nur trubka Yer magnit meridiani tekisligida joylashtiriladi. Ekrandagi yorug' dog' ekran markazida joylashishi kerak.

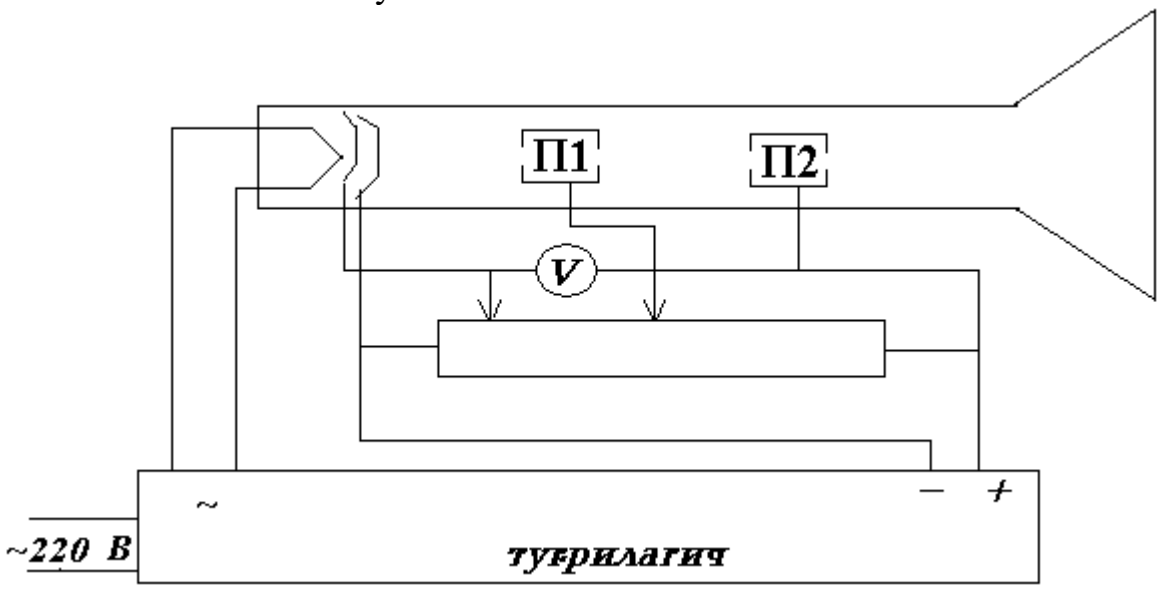
4.P_1 va P_2 surilgichlar yordamida mos ravishda ekrandagi yorug' dog'ning ravshanligi yaxshilanadi va fokuslanadi.

5.Trubkani boshlang'ich holatdan o'ngga burib, yorug' dog'ning keyingi vaziyati belgilanadi, boshlang'ich va keyingi vaziyatlar orasidagi masofa chizg'ich yordamida o'lchanadi.

b.Trubkani chapga burib 5-band takrorlanadi. Yorug' dog'ning o'rtacha og'ishi $y = (y_{ўнг} + y_{чап})/2$ aniqlanadi (trubkani chap va o'ng tomonga bir xil burchakka burish kerak, buning uchun transportirdan foydalaniladi.)

7.Tajriba 5-6 marta takrorlanadi.

8.Voltmetr ko'rsatishi yozib olinadi.



53-rasm.

9.O'lchangan va aniqlangan kattaliklardan foydalanib, (12.9) formuladan elektronning solishtirma zaryadi aniqlanadi.

10.O'lchash va hisoblash natijalari 20-jadvalga yoziladi

20-jadval.

№	U,V	Uo'nm	Ucham	U, m	Xm	Ver, Tl	eg't Klg'kg	ħ(eg'm), Klg'kg	ħ(eg'm)100% veg't

O’Z-O’ZINI SINASH UCHUN SAVOLLAR.

1.Elektron-nur trubkaning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
2.Lorens kuchi qachon namoyon bo’ladi va u qanday aniqlanadi?
Z.Zaryadlangan zarrachaning elektr va magnit maydonidagi harakatini tushuntiring.
4.Elektronning solishtirma zaryadini aniqlashning yana qanday usullarini bilasiz?

13-LABORATORIYA ISHI
MAVZU: FERROMAGNIT MODDALARNING KYURI NUQTASINI ANIQLASH

Ishning maqsadi. Ferromagnit moddalarning fizik xossalarini o’rganish.

ISH TO’G’RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Agar tokli o’tkazgich vakuumda emas, biror muhitda joylashgan bo’lsa, uning magnit maydoni o’zgaradi. Bundan ko’rinadiki, turli moddalar magnit maydonga kiritilganda magnitlanib, o’zlari magnit maydoni manbai bo’lib qolar ekan. Magnitlanish xossasiga ega bo’lgan moddalarni *magnetiklar* deb ataladi. Magnetiklar magnitlanganda qo’shimcha $\vec{B}_1$ magnit maydoni hosil qiladi. Bu maydon o’tkazgichdan o’tayotgan tok hosil qilgan magnit maydoni $\vec{B}_0$ ga qo’shilib natijaviy

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_1 \qquad \textbf{(13.1)}$$

maydonni hosil qiladi.

Bu hodisani tushuntirish uchun Amper moddalarning molekulalarida aylanma toklar mavjud degan gipotezani ilgari surdi. Bunday toklar molekulyar toklar deb ataldi. Har bir shunday tok magnit maydoniga ega bo’lib, atrof fazoda magnit maydoni hosil qiladi. Agar magnetik magnitlanmagan bo’lsa, ya’ni u tashqi magnit maydoniga kiritilmagan bo’lsa, magnit maydon hosil qila olmaydi. CHunki molekulyar toklar tartibsiz joylashgan bo’ladi. Magnetik magnitlangan bo’lsa, molekulyar toklar ma’lum yo’nalishda qisman yoki to’la orientirlanib qoladi.

Natijada yig'indi magnit momenti noldan farqli bo'lgan $\vec{B}$ maydonni hosil qiladi.

Magnitlovchi g'altak hosil qilgan magnit induksiyasi $\mu_0 H_0$ va magnetiknin^ sirt toklari hosil qilgan maydonning induksiyasi $\mu_0 \vec{j}$ bo'lsa, magnetikda magnit induksiya vektorining qiymati

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}_0 + \mu_0 \vec{J}_0 \qquad \textbf{(13.2)}$$

ga teng bo'ladi.

Izotrop magnetiklarda magnit maydon kuchlanganligi bilan induksiya orasidagi bog'lanish quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\vec{J} = \acute{æ}\, \vec{H}_0 \qquad \textbf{(13.3)}$$

$\vec{J}$ ning qiymatini (13.2) ifodaga qo'yib, olamiz:

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}_0 + \mu_0 \acute{æ}\, \vec{H}_0 - \mu_0 \mu \vec{H} \qquad \textbf{(13.4)}$$

Bu yerda, $\vec{H}$ vektor - magnitlovchi g'altak hosil qilgan, magnetik ichidagi maydon bilan mos keluvchi maydon kuchlanganligi;

$\acute{æ}$ - muhitning magnit qabul qiluvchanligi;

μ - magnit doimiysi ;

$\mu = 1 + \acute{æ}$ -moddaning magnit kirituvchanligi. Magnit kirituvchanlikning yoki magnit qabul qiluvchanlikning kattaligiga qarab magnetiklar uch turga bo'linadi:

1. Diamagnetiklar: bular uchun $\acute{æ} < 0$, $\mu < 1$.
2. Paramagnetiklar: bular uchun $\acute{æ} > 0$, $\mu > 1$.
3. Ferromagnetiklar: bu magnetiklarda μ juda katta qiymatga ega bo'lib, tashqi magnit maydon kuchlanganligiga bog'liq bo'ladi, shuning uchun ham ferromagnetiklar uchun differensial magnit kuchlanganligi

$$\mu = \frac{d\vec{B}}{d\vec{H}} \qquad \textbf{(13.5)}$$

tushunchasi kiritiladi. Ferromagnetik moddalarga temir, kobal't, nikel', gadoliniy va ularning qotishmalari kiradi.

Ferromagnetik moddalarning katta qiymatlargacha magnitlanishi ularda yuqorida aytilganidek, "molekulyar" magnit maydon mavjudligi bilan tushuntiriladi. "Molekulyar" magnit maydonni elektronlarning xususiy magnit momentlari (spin) ning orientatsiyasi yuzaga keltiradi. Ma'lum sharoitda ferromagnetiklarda almashinuvchi kuchlar deb ataluvchi kuchlar hosil bo'ladiki, ular elektronlarning magnit momentlarini o'zaro parallel joylashtiradi. Natijada spontan (o'z-o'zidan) magnitlanish hosil bo'ladi va ferromagnetiklargashg har bir mikrokristalchasi to'yinguncha magnitlanadi. Bunga sabab har bir mikrokristalcha spontan magnitlanish natijasida juda ko'p mayda sohalarga, ya'ni domenlarga bo'linadi.

Ferromagnetiklarning magnitlash qobiliyati turli temperaturalarda turlicha bo'ladi, chunki ularning magnit qabul qiluvchanligi temperaturaga bog'liq bo'lib, temperatura ortishi bilan kamayib boradi. Ma'lum bir temperaturada modda ferromagnetiklik xususiyatini yo'qotadi va paramagnetik bo'lib qoladi. SHu

temperatura Kyuri nuqtasi deb ataladi. Kyuri nuqtasi turli ferromagnetiklar uchun turlicha bo'ladi.

Turli ferromagnetiklarning Kyuri nuqtasini tajribada 54-rasmda keltirilgan qurilma yordamida aniqlash mumkin. Kvarts yoki asbest truba (1) ga sim o'rab pechka yasaladi (birinchi chulg'am). Bu pechkaning ichiga tekshiriladigan ferromagnit namuna (2) qo'yiladi. Pechkaning ustidan issiqlik o'tkazmaydigan material (3) o'raladi, uning ustidan esa yana sim o'raladi (ikkinchi chulg'am). Namuna (2) ning temperaturasi termopara (5) yordamida o'lchanadi. Termoparaning bir uchi pechkaning ichiga kiritilib, ikkinchi uchi esa termostat (6) ga tushiriladi. Birinchi chulg'amdan tok o'tganda ikkinchi chulg'amda induksion tok hosil bo'ladi, bu tok mikroampermetr (4) bilan o'lchanadi. Temperatura ortib borib, Kyuri nuqtasiga yetganda, namunaning magnit xossasi o'zgarib ketadi, natijada ikkinchi chulg'amda induksion tok birdan kamayib mikroampermetrning ko'rsatishi ham kamayib ketadi.

Birinchi chulg'am ham aktiv, ham reaktiv qarshilikka ega bo'ladi:

$$R_1 = R_a + R_p \qquad \textbf{(13.6)}$$

SHuning uchun undagi potensialning tushuvi har bir qarshilikdagi potensiallar tushuvlarning yig'indisiga teng bo'ladi:

$$U_1 = U_a + U_p \qquad \textbf{(13.7)}$$

O'ramlarini magnit induksiya chiziqlari kesib o'tganligi tufayli birinchi chulg'amda induksiya elektr yurituvchi kuch yuzaga keladi, u son jihatidan reaktiv (induktiv) qarshilikda potensialning tushuviga teng:

$$U_1 = -\varepsilon_L \qquad \textbf{(13.8)}$$

(13.7) va (13.8) dan

$$\varepsilon_L = U_a - U_1 \qquad \textbf{(13.9)}$$

hosil bo'ladi.

Ikkinchi tomondan, birinchi chulg'amning barcha o'ramlari yuzaga keltirgan induksiya e.yu.k

$$\varepsilon_L^{(1)} = -N_1 \frac{d\Phi_1}{dt} \qquad \textbf{(13.10)}$$

bu yerda, N_1- birinchi chulg'amning o'ramlar soni;

F_1 - bitta o'ram yuzasi orqali o'tgan magnit oqimi;

F_1 magnit oqimi ikkinchi chulg'amning har bir o'ramidan ham o'tadi, natijada unda,

$$\varepsilon_L^{(2)} = -N_2 \frac{d\Phi_1}{dt} \qquad \textbf{(13.11)}$$

induksiya e.yu.k hosil bo'ladi. Bu yerda, N - ikkinchi chulg'amning o'ramlar soni. (13.10) va (13. 11) ni solishtirib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\varepsilon_L^{(2)} = -N_2 \frac{N_2}{N_1} \quad \varepsilon_L^{(1)} \qquad \textbf{(13.12)}$$

Ferromagnetik namunaning temperaturasi Kyuri nuqtasiga teng bo'lganda, birinchi chulg'amning reaktiv (induktiv) qarshiligi keskin kamayib ketadi, natijada undagi umumiy potensial tushuvi U_1 aktiv qarshyliqda potensial tushuviga teng

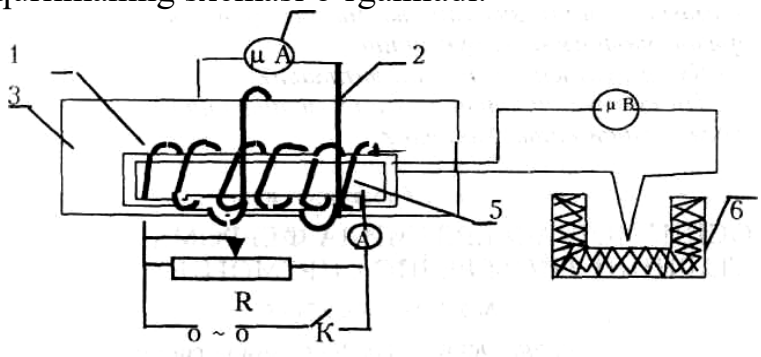
bo'lib qoladi. Bu esa (13.9) formuladan $\varepsilon_L^{(1)} = 0$ ga olib keladi. $\varepsilon_L^{(1)} = 0$ bo'lgan holatda esa (13.12) dan $\varepsilon_L^{(2)}$ ham nolga teng bo'lishligi ko'rinib turibdi.

Demak, mikroampermetrning ko'rsatishi keskin kamayib ketgan temperatura haqiqatan ham Kyuri nuqtasi bo'lar ekan.

Kerakli asbob va materiallar: 54-rasmda keltirilgan elektr pechka, differensial termopara, ferromagnit namunalar, mikroampermetr (lampali millivoltmetr), ampermetr, R304-tipidagi o'zgarmas tok potensiometri, mikrovoltmetr, termostat (D'yuar idishi), ulagich simlar, kalit.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI.

1. 54-rasmdagi qurilmaning sxemasi o'rganiladi.



54-rasm.

2. Pechkaga ferromagnetik namuna va termoparaning bir uchi joylashtiriladi.
3. K kalitni ulab, termopara ko'rsatishining ortib borishida mikroampermetr va mikrovoltmetrlarning ko'rsatishlari 21-jadvalga yoziladi.

21-jadval.

$I, \mu A$	
$U, \mu A$	

4.Jadvaldan foydalanib, $I = f(U)$, bog'lanish grafigi millimetrli qog'ozga chiziladi.

5.Termopara darajalangan egri chiziqdan foydalanib, induksion tokning keskin kamaygan nuqtasiga to'g'ri keluvchi termo-e.yu.k.ning qiymatidan Kyuri nuqtasi topiladi.

O'Z-O'ZINI SINASH UCHUN SAVOLLAR

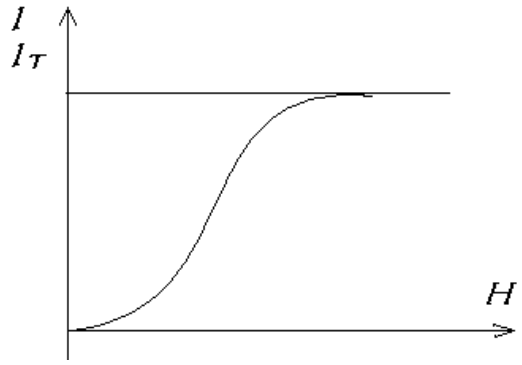
1. Magnetiklar qanday moddalar? Ularning turlarini ayting.
2. Magnit kirituvchanlik va magnit qabul tsiluvchanlikning fizik ma'nosini tushuntiring.
3. Kyuri nuqtasi deb nimaga aytiladi?
4. Nima uchun ikkinchi chulg'amdagi induksiya e.yu.k. temperatura ortishi bilan kamayadi?

14 -LABORATORIYA ISHI
MAVZU: OSSILLOGRAF YORDAMIDA FERROMAGNETIKLARNING GISTEREZIS SIRTMOG'INI OLISH

Ishning maqsadi: Ossillograf yordamida gisterezis sirtmog'ini olish va magnit induksiyasi bilan magnit maydoni kuchlanganligi N orasidagi bog'lanishni kuzatish.

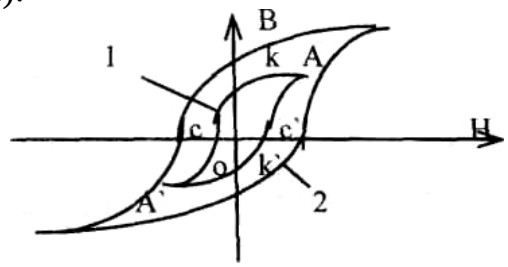
ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

ferromagnetiklar, dia-va paramagnetiklardan kuchli magnitlanish xossasi bilan birga, magnitlanishning maydon kuchlanganligiga bog'liqligining murakkabligi bilan ham farq qiladi. Magnitlanish I ning magnit maydoni kuchlanganligi N bilan bog'lanish grafigi 55-rasmda keltirilgan. Grafikdan ko'rinadiki, kuchlanganlik ortib borishi bilan magnitlanish avval sekik, so'ngra tez ortadi va ma'lum kuchlanganlikka yetganda magnitlanish to'yina boshlaydi, kuchlanganlikka bog'liq bo'lmay qoladi



55 – rasm.

Yuqorida aytib o'tilgan xossalaridan tashqari, ferromagnetiklarga gisterezis hodisasi ham xarakterlidir. Agar magnitlanmagan ferromagnetikni magnit maydoniga joylashtirib, uning magnit maydoni kuchlanganligini asta-sekin orttirib borilsa, u to'yinishga erishadi (56-rasm, **OA**-), ya'ni magnit induksiyasi **V** ortmay qoladi. Magnit maydoni kuchlanganligi **N** asta-sekin kamaytirilsa, magnit induksiyasi **V** ham kamayib boradi, lekin kamayish **OA** chiziq bo'yicha bo'lmay, balki **AK** chiziq bo'yicha bo'ladi. Maydon kuchlanganligi nolga teng bo'lsa ham magnit induksiyasi nolga teng bo'lmaydi. **OK** kattalik qoldiq induksiya deb ataladi. **OK** qoldiq magnitlanishni yo'qotish uchun avvalgi magnitlovchi maydon kuchlanganligiga teskari kuchlanganlik beriladi. Bu kuchlanganlik ortib borishi bilan magnit induksiyasi kamayadi va nolga teng bo'ladi (**KS** chiziq). **OS** kattalik koertsitiv (tutib qoluvchi) kuch deb ataladi. Maydon kuchlanganligi shu yo'nalishda orttirib borilsa, yana to'yinish hosil bo'ladi (**SA**^{1} chiziq). Agar kuchlaganlikni nolgacha kamaytirib (**A**^{I},**K**^{I} chiziq), keyin yo'nalishini o'zgartirib, so'ngra orttirilsa (**S**^{I}**A** chiziq), yana to'yinish hosil bo'ladi. Agar davriy ravishda ferromagnetikni magnitlab va magnitsizlab turilsa, induksiya o'zgarishining o'ziga xos kuchlanganlik o'zgarishidan orqada qolishi yuz beradi. Bu hodisa Gisterezis (kechikish) deb, hosil bo'lgan sirtmoqsimon bog'lanish gisterezis sirtmog'i deb ataladi. SHunday qilib, gisterezis sirtmoqlarining to'plami (oilasi) ni hosil qilish mumkin (5b-rasm, 1 va 2).



56 - rasm.

Gisterezis sirtmog'ini ossillograf ekranida kuzatish mumkin. Buning uchun ossillografning gorizontal og'diruvchi plastinkalariga magnit maydoni kuchlanganligiga proporsional bo'lgan U_x, vertikal og'diruvchi plastinkalariga maydon induksiyasiga proporsional bo'lgan U_u kuchlanish beriladi. Tekshirilayotgan modda sifatida temirdan qilingan toroiddan foydalaniladi. Toroidning ikkita chulg'ami bo'lib (57-rasm), U_x kuchlanishni olish uchun uning birlamchi chulg'amiga namunali qarshilik R_1 ulanadi. Bu qarshilikda tushgan kuchlanishning qiymati

$$U_X = iR_1 = \frac{\pi d_{yp} R_1}{N_1} H = k_1 H \qquad \textbf{(14.1)}$$

formula orqali aniqlanadi. Bu formuladan $\boldsymbol{U_x}$ kuchlanish magnit maydoni kuchlanganligiga proporsional ekanligi ko'rinib turibdi.

$\boldsymbol{U_u}$ kuchlanishni olish uchun esa toroidning ikkilamchi chulg'amiga 57-rasmda ko'rsatilganidek qilib aktiv qarshilik $\mathbf{R_2}$ va reaktiv (sig'im) qarshilik $1/\omega C$, ya'ni kondensator **S** ulanadi. Birlamchi chulg'amga o'zgaruvchan tok berilganligi sababli ikkilamchi chulg'amda

$$\varepsilon = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} \qquad \textbf{(14.2)}$$

induksiya e.yu.k. hosil bo'ladi, bu esa ikkilamchi chulg'am zanjirining tok manbai bo'lib hisoblanadi.

$R_2 >> 1/\omega C$ deb qarab, kondensator qoplamalaridagi kuchlanishni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$U_K = \frac{1}{C}\int Idt = \frac{1}{C}\int \frac{\varepsilon}{R_2} dt \qquad \textbf{(14.3)}$$

FqVS ekanligini hisobga olib va (14.2) dan ε ning qiymatini (14.3) ifodaga qo'yib, ba'zi o'zgarishlardan so'ng

$$U_K = -\frac{N_2 S}{R_2 C} B = k_2 B \qquad \textbf{(14.4)}$$

ni hosil kilamiz. U_K kuchlanish ossillografning vertikal og'diruvchi plastinkalariga, berilganligi uchun U_u ga teng bo'ladi. (14.4) formuladan haqiqatan ham U_u kuchlanish magnit induksiyasiga proporsional ekanligini ko'rish mumkin.

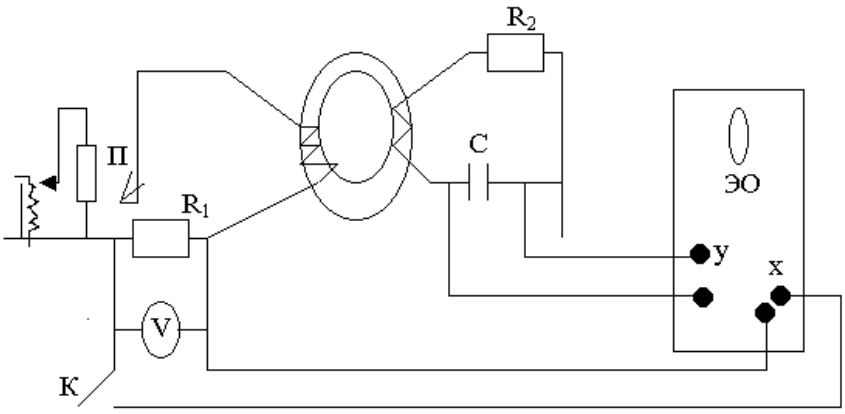
Demak, ossillografga U_x va U_u kuchlanishlar berilganda ekranda elektron - nur $B = f(H)$ bog'lanish grafigini chizadi. Bir davr ichida tokning sinusoidal o'zgarishi natijasida ekranda elektron - nur gisterezis sirtmog'ini to'la chizadi. Keyingi har bir davrda uni takrorlaydi. Shuning uchun, gisterezis sirtmog'i ekranda tinch turgandek bo'ladi. Agar P potensiometr yordamida U_X kuchlanish orttirilsa, ekrandagi gisterezis sirtmog'ining yuzasi ortadi. Gorizontal og'diruvchi plastinkalarga turli U_x kuchlanish berib, yuzasi turlicha bo'lgan gisterezis sirtmoqlarini olish mum-kin.

Kerakli asbob va materiallar: Ikkita chulg'amli ferrit toroid, rezistorlar, voltmetr, latr, kondensator, ossillograf, kalit, o'lchovchi simlar.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1. 57-rasmdagi elektr sxema o'rganiladi va yig'iladi.
2. Ossillograf tarmoqqa ulanadi va qiziguncha 2-3 minut kutiladi, so'ngra yorug' dog' ekranning markaziga keltiriladi.

K kalitni ochiq holida ossillografning X va U plastinkalariga mos ravishda U_X va U_u kuchlanishlar berish uchun simlar ulanadi.



57-rasm.

4. Latr elektr tarmog'iga ulanadi va K kalit zanjirga qo'shiladi.
5. Ossillografning gorizontal plastinkasiga beriladigan kuchlanish U_x P potensiometr yordamida (u eng katta qarshilik holatida bo'ladi) noldan gisterezis sirtmog'ining to'yinish qismi hosil bo'lguncha orttirib boriladi.
6. U_X ning har bir o'zgarishidagi gisterezis sirtmoqlari millimetrli qogozga ossillograf ekranidan ko'chirib olinadi va ularga mos kelgan kuchlanishlar yozib boriladi.

O'Z-O'ZINI SINASH UCHUN SAVOLLAR

1. Magnit oqimi, magnit maydoni kuchlanganligi va magnit induksiyasi nima, ular orasida qanday bog'lanish bor? Ularning o'lchov birliklarini ayting.
2. Gisterezis hodisasini tushuntiring.
3.Elektron-nur trubkaning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
4. Ishning elektr sxemasini chizing va u bilan ishlashni tushuntiring.

15-LABORATORIYA ISHI
MAVZU: O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRINI O'RGANISH

Ishning maqsadi. O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonunini tekshirish.

ISH TO'G'RISIDA NAZARIY TUSHUNCHA

Ma'lumki, vaqt o'tishi bilan kattaligi va yo'nalish jixatidan o'zgarib turadigan tok o'zgaruvchan tok deb ataladi.O'zgaruvchan tok elektromagnit induksiya hodisasi asosida ishlaydigan generatorlar yordamida olinadi.

Faraz qilaylik, bir jinsli magnit maydoniga **abcd** to'g'ri burchakli kontur kiritilgan bo'lsin. Bu konturni **AV** o'q atrofida ω burchak tezlik bilan soat strelkasi yo'nalishida aylantiraylik. a' va sd tomonlar (58-rasm) magnit kuch chiziqlarini kesib o'tadi va unda e.yu.k. induksiyalanadi, shuning uchun konturning bu tomonlari aktiv tomonlari deb ataladi. qolgan ikki tomonida induksiya e.yu.k. hosil bo'lmaydi. Konturning aktiv tomonlarida hosil bo'lgan natijalovchi e.yu.k.

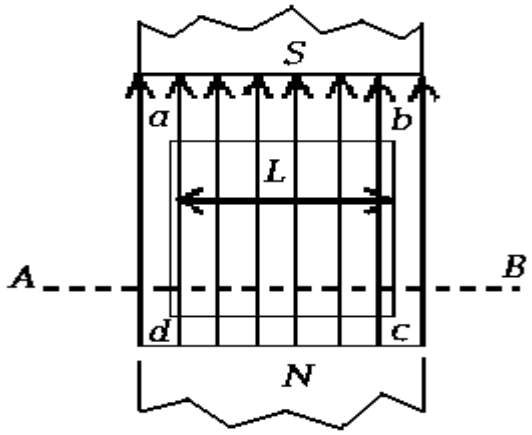
$$\varepsilon = 2BlvSin\omega t = BS\omega Sin\omega t = \varepsilon_0 Sin\omega t \qquad \textbf{(15.1)}$$

ga teng bo'ladi. Bu formuladan ko'rinadiki, konturda induksiyalangan e.yu.k. sinusoidal qonun asosida o'zgarar ekan, sinusoidal tokning oniy qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$i = I_0 Sin\omega t \qquad \textbf{(15.2)}$$

Bu yerda ε_0, I_0, ωt e_o,-mos ravishda sinusoidal e.yu.k.,tokning amplituda qiymati va fazasi; ω - burchak tezlik yoki Siklik chastota, u tebranish davri bilan va xususiy chastota bilan quyidagicha bog'langan:

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



58-rasm.

O'zgaruvchan tokning amplituda qiymatidan tashqari effektiv qiymati ham mavjud. Tokning I_O va U_o amplituda qiymati bilan ularning effektiv qiymatlari

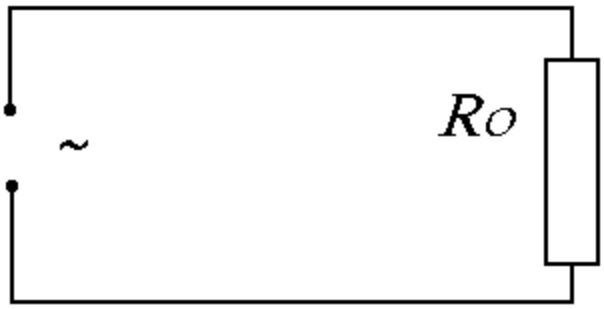
$$I_0 = \sqrt{2}\, I_{эф}; \quad U_0 = \sqrt{2}\, U_{эф} \qquad \textbf{(15.3)}$$

ifodalar orqali bog'langan. O'zgaruvchan tokning effek-tiv qiymati deb, bir xil uzunlikdagi o'tkazgichdan bir xil vaqt oralig'ida o'zgarmas tok ajratgan issiqlik miqdoriga teng issiqlik ajratadigan o'zgaruvchan tokka aytiladi.

O'zgaruvchan tok zanjirini ko'rib o'taylik. Avvalo, aktiv qarshiligi K_0 bo'lgan o'tkazgichning uchlari kuchlanishi

$$U = U_0 Sin\omega t \qquad \textbf{(15.4)}$$

ko'rinishda o'zgaruvchan elektr tok manbaiga ulangan holni ko'rib o'taylik (59-rasm).



59-rasm.

Zanjirning bir qismi uchun Om qonunidan

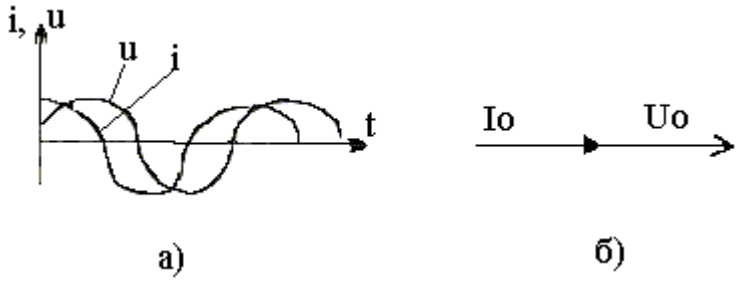
$$i = \frac{U}{R_0} = \frac{U_0}{R_0} Sin\omega t = I_0 Sin\omega t \qquad \textbf{(15.5)}$$

(15.4) va (15.5) formulalardan quyidagi hulosaga kelish mumkin:

1. Tokning kattaligi va yo'nalishi ham kuchlanishnikidek sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradi.

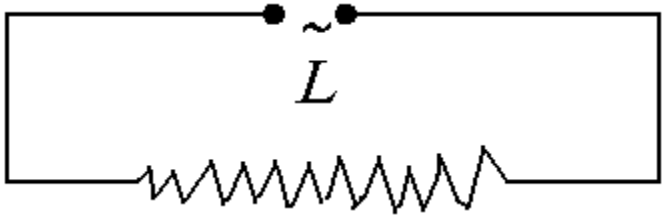
2. Aktiv qarshilikdan iborat zanjirdagi kuchlanish va tokning fazalar farqi nolga teng.

60-rasmda ko'rilgan hol uchun, kuchlanish va tokning grafigi (a) hamda vektor diagrammasi b) keltirilgan.



60-rasm.

Endi o'zgaruvchan tok zanjiriga induktiv g'altak ulangan holni ko'raylik (61-rasm)



61-rasm.

Agar induktiv g'altakdan o'tayotgan tok

$$i = I_0 Sin\omega t \qquad \textbf{(15.6)}$$

qonun bo'yicha o'zgarsa, g'altakda tokning o'zgarish tezligiga (chastotasiga) hamda g'altakning induktivligiga to'g'ri proporsional bo'lgan o'zinduksiya e.yu.k. yuzaga keladi, ya'ni:

$$\varepsilon = -L\frac{di}{dt} \qquad \textbf{(15.7)}$$

g'altakning aktiv qarshiligi K_0q0 bo'lganligi sababli unga berilgan barcha kuchlanish g'altakning o'zinduksiya e.yu.k. ni yengishga sarf bo'ladi, ya'ni:

$$U = -\varepsilon = L\frac{di}{dt} \qquad \textbf{(15.8)}$$

(15.6) formuladan 1 ni vaqt bo'yicha differensiallab (15.8) ifodaga qo'ysak,

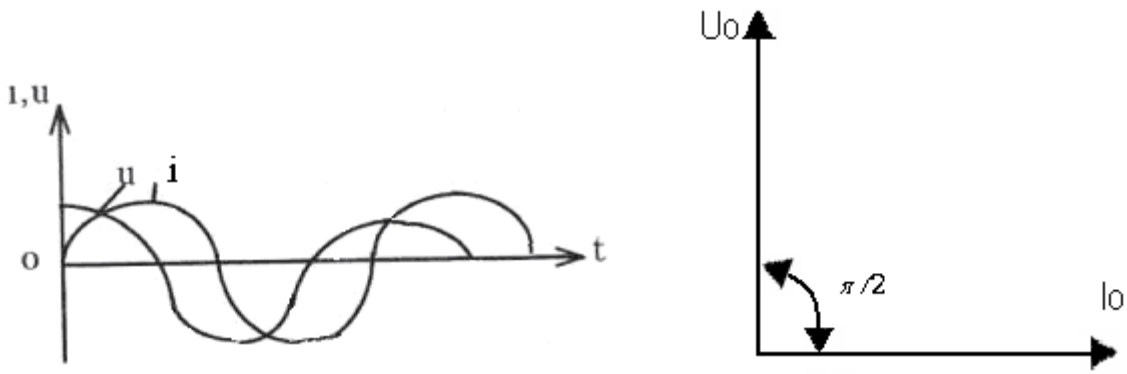
$$U = I_0\,\omega L\cos\omega t = I_0\,\omega L Sin(\omega t + \pi/2) \qquad \textbf{(15.9)}$$

hosil bo'ladi.

(15.6) va (15.9) formulalardan:

1). agar induktiv g'altakdan sinusoidal tok o'tayotgan bo'lsa, g'altakka berilgan kuchlanish ham sinusoidal bo'ladi;

2). kuchlanish faza jihatidan tokdan $\frac{\pi}{2}$ burchakka oldinda bo'ladi (62-rasm).



b) a)

62-rasm.

(15.9) formuladan

$$U_o = I_o \omega L \qquad \textbf{(15.10)}$$

ekanligini hisobga olib, kuchlanishning effektiv qiymatini topamiz:

$$U_{эф} = I_{эф} \omega L \qquad \textbf{(15.11)}$$

yoki

$$I_{эф} = \frac{U_{эф}}{\omega L} \qquad \textbf{(15.12)}$$

Bu yerda, $X_i = U\omega L$ - induktiv qarshilik deb ataladi, u tokning chastotasiga bog'liq bo'lib chastota ortishi bilan ortadi.

Yuqorida biz R_o = 0 deb qaragan edik, aslida esa R_o nolga teng bo'lmaydi, ya'ni g'altak aktiv qarshilikka ega bo'ladi. Bu hol uchun Om qonuni quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$I_{эф} = \frac{U_{эф}}{\sqrt{Ro^2 + \omega^2 / L^2}} = \frac{U_{эф}}{Z} \qquad \textbf{(15.13)}$$

bu yerda, Z - impedans deb ataladi,

$$Z = \sqrt{Ro^2 + \omega^2 / L^2} \qquad \textbf{(15.14)}$$

Agarda induktiv g'altak bir xil kuchlanishli, avval o'zgarmas tok manbaiga, so'ngra o'zgaruvchan tok manbaiga ulanib, ikkala holda ham zanjirdan o'tayotgan tok kuchi o'lchansa, ikkinchi holda zanjirdan oz tok o'tayotganligini, agar g'altak ichiga temir o'zak kiritilsa, tok yana ham kamayganligini ko'rish mumkin. Bunga sabab nima? g'altak o'zgarmas tok manbaiga ulanganda uning qarshiligi R_o g'altakning formasiga bog'liq bo'lmasdan, faqat unga o'ralgan simning uzunligiga, ko'ndalang kesim yuziga va simning materialiga bog'liq bo'ladi.

g'altakdan o'zgaruvchan tok o'tganda, g'altak atrofida o'zgaruvchan magnit maydoni hosil bo'ladi va bu maydon g'altakni kesib o'tishi natijasida o'zgaruvchan e.yu.k. yuzaga keladi. Bu e.yu.k. ning yo'nalishi g'altakka qo'yilgan (o'zini hosil qilgan) kuchlanishning yo'nalishiga teskari (15.7-formula) bo'lganligi sababli g'altakning qarshiligi keskin ortib boradi.

(15.14) formuladan g'altakning induktivligi

$$L = \sqrt{Z^2 - R_o^2} / \omega \qquad \textbf{(15.15)}$$

L ning birligi SI birliklar sistemasida Genri (G):

$$1Г = 1В\,с / А = 1Ж / А^2 = 10^9 см$$

Siklik chastotasi ω o'rniga $\omega = 2\pi v$ ni ko'ysak, u holda

$$L = \sqrt{Z^2 - R_o^2} / 2\pi v \qquad \textbf{(15.16)}$$

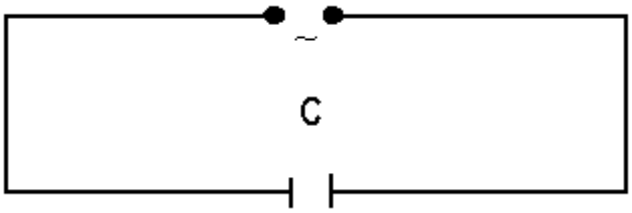
ga teng bo'ladi. Bu formuladan ko'rinadiki, g'altakning induktivligini topish uchun uning omik qarshiligi R_o ni, o'zgaruvchan tok o'tayotgandagi qarshiligi-impedans Z va o'zgaruvchan tokning chastotasini aniqlash kerak. O'zgarmas tok o'tgandagi g'altakning qarshiligi (omik qarshiligi) R_0Om qonuniga asosan

$$R_o = U_{\text{o'zgarmas}} \;/\; I_{\text{o'zgarmas}} \qquad \textbf{(15.17)}$$

o’zgaruvchan tok utgandagi qarshiligi

$$Z = U_{эф} / I_{эф} \qquad \textbf{(15.18)}$$

ifodalar yordamida aniqlanadi.



63-rasm.

O’zgaruvchan tok zanjiriga kondensator ulangan bo’lsin (O’zgarmas tok zanjiriga kondensator ulansa, undan tok o’tmaydi) (62-rasm). Zanjirdan o’tayotgan tokning kattaligi kondensator qoplamalariga qo’yilgan kuchlanishga, kondensatorning sig’imiga va qo’yilgan kuchlanishning chastotasiga bog’liq bo’ladi. Agarda kondensatorga sinusoidal kuchlanish

$$u = U_o \sin \omega t \qquad \textbf{(15.19)}$$

berilgan bo’lsa, kondensator qoplamalaridagi zaryad ham sinusoidal qonun bo’yicha o’zgaradi, ya’ni

$$q = CU = CU_O \sin \omega t \qquad \textbf{(15.20)}$$

Tok kuchi bilan zaryad orasidagi $i = dq/dt$ bog’lanishdan foydalanib,

$$i = CU_O\, \omega \cos \omega t = (U_O / (1/C\,\omega)) \cos \omega t \qquad \textbf{(15.21)}$$

yoki

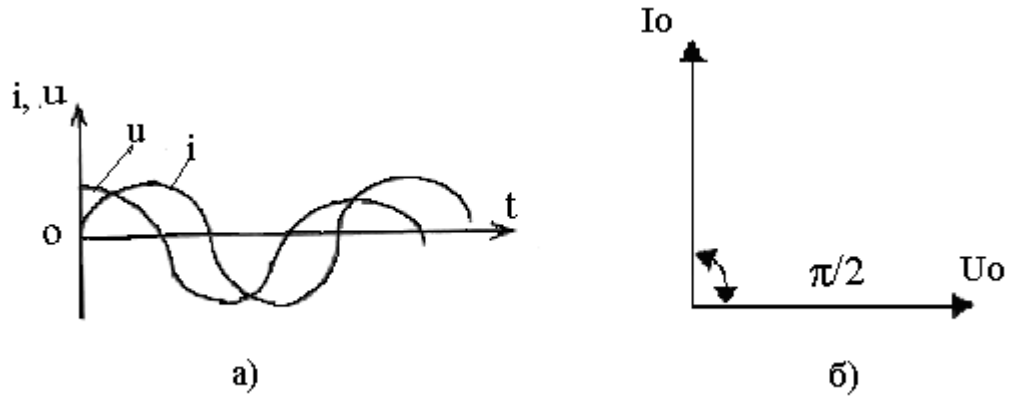
$$i = I_O \sin(\omega t + \pi/2) \qquad \textbf{(15.22)}$$

ni hosil qilamiz. Bu yerda, $X_c = 1/C\,\omega$ - sig’im qarshilik.

Kondensator ulangan zanjir o’zgarmas tok manbaiga ulanganda undan tok o’tmasligini (15.21) formula yordamida tushuntirish mumkin.

O’zgarmas tok uchun $\omega = 0$ bo’ladi, shuning uchun $X_C = 1/C\omega$ formulaga asosan sig’im qarshilik cheksizga teng bo’ladi.

X_s ning bu qiymatini (15.21) ga qo’ysak, $i = 0$ bo’ladi. Demak, o’zgarmas tok zanjiriga kondensator ulangan bo’lsa, undan tok o’tmaydi. 64-rasmda kondensator qo’shilgan zanjirdan o’tayotgan tok kuchi va kuchlanishlarning grafigi (a) va vektor diagrammasi (b) keltirilgan.



64-rasm.

(15.19) va (15.22) formulalardan va 64-rasmdagi diagrammalardan:

1. Kondensatorga sinusoidal kuchlanish qo'yilgan bo'lsa, undan o'tayotgan tok ham sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradi.
2. Sig'im ulangan zanjirda tok faza jihatidan kuchlanishdan $\pi/2$ burchakka oldinda bo'ladi.

Agar zanjirga kondensatorga ketmaket qilib, aktiv qarshilik ulangan bo'lsa, tokning effektiv qiymati

$$I_{эф} = \frac{U_{эф}}{\sqrt{Ro^2 + \omega^2 L}} = \frac{U_{эф}}{Z} \qquad \textbf{(15.23)}$$

formula orqali aniqlanadi. Bu yerda,

$$Z = \sqrt{Ro^2 + 1/(\varphi C)^2} \qquad \textbf{(15.24)}$$

Bundan kondensatorning sig'imi

$$C = 1/\sqrt{Z^2 + R^2\,\omega} \qquad \textbf{(15.25)}$$

$R_0 = 0$ bo'lgan hol uchun esa quyidagi ko'rinishni oladi:

$$C = 1/\omega Z \qquad \textbf{(15.26)}$$

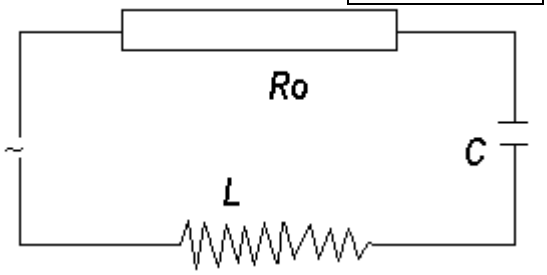
Tajribada Z zanjirga ulangan voltmetr va ampermetrlarning ko'rsatishini bilgan holda

$$Z = U_{эф} / I_{эф} \qquad \textbf{(15.26')}$$

formula orqali aniqlanadi.

Endi o'zgaruvchan tok zanjiri ketmaket ulangan aktiv R_0, induktiv L va sig'im S qarshiliklardan iborat bo'lgan holni ko'raylik (65-rasm).

$$\boxed{i = I_0 \sin \omega t} \qquad \textbf{(15.27)}$$



65-rasm.

Bu zanjirdan sinusoidal o'zgaruvchan tok o'tayotgan bo'lsin. Zanjirga qo'yilgan kuchlanish aktiv R_0, induktiv L va C sig'im qarshiliklarda sarf bo'ladi:

$$R_0 \quad учун \quad U_a = I_0\, R_0 \quad \sin \omega t \qquad \textbf{(15.28)}$$

$$X_L \quad учун \quad U_L = I_0\, \omega L \quad \sin(\omega t + \pi/2) \qquad \textbf{(15.29)}$$

$$X_c \quad учун \quad U_c = (I_0/\omega C) \quad \sin(\omega t - \pi/2) \qquad \textbf{(15.30)}$$

To'la kuchlanishning oniy qiymati shu kuchlanishlarning yig'indisiga teng.

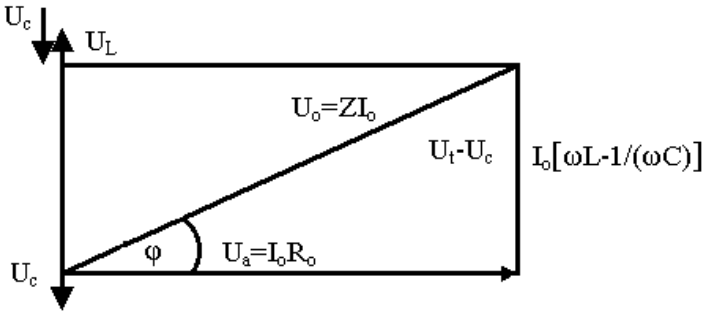
$$U = I_0 R_0 \sin \omega t + I_0 \omega L \sin(\omega t + \pi/2) + (I_0/\omega C) \sin(\omega t - \pi/2) \qquad \textbf{(15.31)}$$

Bu ifodadan ko'rinadiki, zanjirga qo'yilgan kuchlanish ham undan o'tayotgan tok kabi sinusoidal qonun buiicha o'zgaradi.

Kuchlanishlarning vektor diagrammasi ikki $U_L > U_c$ va $U_L < U_c$ hol uchun chizish mumkin,lekin ularning ikkalasidan olingan natijalar teng kuchli bo'ladi.

SHuning uchun $U_L > U_c$ bo'lgan hol uchun chizilgan kuchlanishlarning vektor daagrammasidangina (66-rasm) foydalansa bo'laveradi 66-rasmdagi kuchlanishlar uchburchagidan Pifagor teoremasiga asosan tokning amplituda qiymatini topish mumkin, ya'ni:

$$I_O = \frac{U_O}{\sqrt{R_O{}^2 + [\omega L - 1/(\omega C)]^2}} \qquad \textbf{(15.32)}$$



66-расм

Bu yerdan tokning effektiv qiymati

$$I_{эф} = U_{эф} / \sqrt{R_0^2 + [\omega L - 1/(\omega c)]^2} \quad = U_{эф} / Z \qquad \textbf{(15.33)}$$

Tok bilan kuchlanish orasidagi faza siljishi quyidagi formula orqali aniqlanadi: puiidagi

$$tg\varphi = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R_0} \qquad \textbf{(15.34)}$$

Tajribada $I_{эф}$ zanjirga qo'shilgan ampermetrdan $U_{эф}$ esa voltmetrdan olinib, impedans (to'la qarshilik)

$$Z = U_{эф} / I_{эф} \qquad \textbf{(15.35)}$$

formula orqali hisoblab topiladi. R_o, X_L, X_s larni ham tajribada olingan natijalar yordamida aniqlanadi, so'ngra ularning qiymatlaridan foydalanib (15.33) formuladan impedans Z hisoblanadi. Impedansning ikkala holda topilgan qiymatlari yordamida o'zgaruvchan tok uchun to'la Om qonuni formulasining to'g'riligi tekshiriladi.

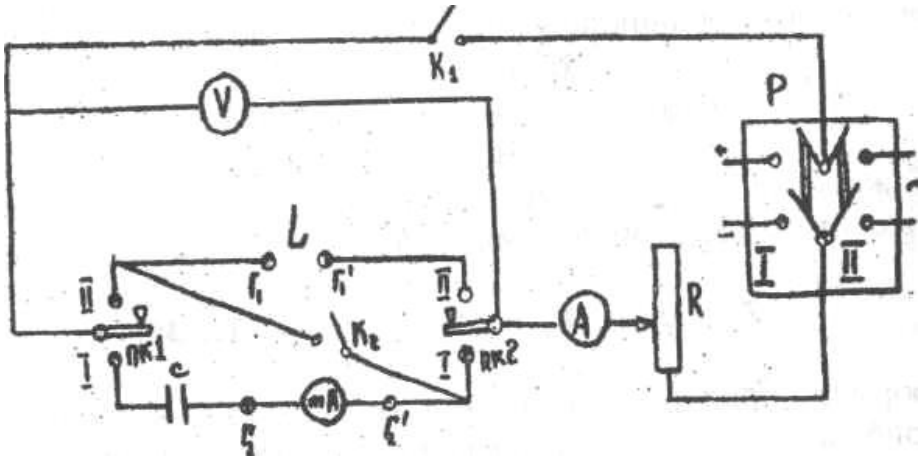
Kerakli asbob va materiallar: transformator, voltmetr, ampermetr, milliampermetr, uch holatli kalit 2 ta, kondensatorlar batareyasi, turli induktiv g'altaklar, rubilnik reostat, ulovchi simlar.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI

1-mashq. Kondensatorning sig'imini aniqlash.

1. Ishning bajarish sxemasi (67-rasm) o'rganiladi va yig'iladi.

K_1 va K_2 kalitlarning ochiq holida PK2 kalit (uch holatli kalit) I holatga qo'yiladi. Milliampermetr G_2 va Γ'_2 uyalarga ulanadi va R rubil'nik II holatga qo'yiladi, transformator orqali tarmoqqa ulanadi.



67-rasm.

4. K_1 kalit zanjirga qo'shilib, R reostat yordamida 10-12 V kuchlanish tanlab olinadi. Kondensatorlar batareyasining surilgichi I holatga, milliampermetr ulagichi 10mA holatga qo'yiladi. Voltmetr va milliampermetrning ko'rsatishlari yozib olnadi.

5. Kondensatorlar batareyasining surilgichi II, III va h.z. holatlarga qo'yilib, har bir holat uchun 4-band takrorlanadi.

6. Kondensatorning qarshiligi har bir holat uchun Z (15.26) formula yordamida va kondensatorning sig'imi (15.25a) formula yordamida hisoblanadi.

O'lchash va hisoblash natijalari 22-jadvalga yoziladi.

22-jadval.

№	Uef, V	Ief,A	Z,Om	V,Gts	S,F	ΔS,F	(ΔS/S)100 %

<u>2-mashq.</u> O'zinduksiya koeffitsientini aniqlash.

1. G_1 va $Г'_1$ nuqtalarga (67-rasm) induktiv g'altak ulanadi, PK_1 va PK_2 kalitlar II holatga qo'yiladi, R rubil'nik I holatga qo'yiladi.

2. K_1 kalit zanjirga qo'shiladi va reostat R yordamida 10,12 va 14 V kuchlanish tanlanib, har biri uchun ampermetrning ko'rsatishi yozib olinadi.

3. R rubil'nik II holatga qo'yilib, yana 10, 12 va 14 V kuchlanishlarga mos kelgan ampermetrning ko'rsatishi yozib olinadi.

4. g'altakning ichiga temir o'zak kiritib, 2- va 3- bandlar takrorlanadi.

5. Boshqa g'altaklar zanjirga ulanib, ular uchun ham 2,3- va 4-bandlar takrorlanadi.

6. (15.17) formuladan $R_{O,}$ (15.18) formuladan Z va (15.16) formuladan L ning qiymatlari hisoblanadi.

7. O'lchangan va hisoblangan natijalar 23-jadvalga yoziladi.

23-jadval.

№	Ief, A	Uef,V	Z,Om	v,Gts	$U_{UZ-SIZ,}$ V	$I_{UZ-SIZ,}$A	Ro,OM	L, G	ΔL G	$\frac{\Delta L}{L}100\%$
										o'zaksiz
										o'zakli

<u>3-mashq.</u> O'zgaruvchan tok uchun Om qonunini tekshirish.

I. PK_1 kalit I. PK_2 kalit II, R rubil'nik II holatga qo'yiladi. G_1 va $Г'_2$ nuqtalarga induktiv g'altak ulanadi (67-rasm). G_2 va G'g nuqtalarga milliampermetr ulanadi.

2. K_1 va K_2 kalitlar zanjirga qo'yiladi va II reostat yordamida 10-12 V kuchlanish tanlab olinib, voltmetr va milliampermetrlarning ko'rsatishlari yozib olinadi. Kondensator batareyasi surilgichi o'zgartirilib mashq takrorlanadi.

3. Turli induktiv g'altaklar olinib, 2-band takrorlanadi.

4. g'altakning ichiga o'zak kiritilib, 2-band yana takrorlanadi.

5. Voltmetr va milliampermetrlarning ko'rsatishlaridan foydalanib, (15.35) formuladan har bir tajriba uchun Z hisoblanadi.

6. 1 va 2-mashqlarda topilgan Ro, L va S larga ko'ra mos ravishda Z (15.33) formula yordamida hisoblanadi. Z larning ikkala holda topilgan qiymatlari

solishtiriladi, (15.34) formula yordamida esa tok bilan kuchlanish orasidagi faza siljishi topiladi.

7. O'lchangan va hisoblangan natijalar 24-jadvalga yoziladi.

24-jadval.

№	R_O Om	L, G	S,F	v,G ts	Z(16.33) Om	$I_{,ef}$ A	U_{ef},	2(16.35) Om	*tgφ*

MUSTAQIL TA’LIM

MUSTAQIL TA’LIM VA MUSTAQIL ISHLAR		
3-semestr		
1	Elektr maydoni va uning asosiy xarakteristikalari. Elektr maydoni. Elektr maydon kuchlanganligi. Superpozitsiya prinsipi. Elektr dipoli. Elektr maydonini grafik ravishda tasvirlash.	14
2	Elektr siljish vektori. Elektrostatik maydon induksiya vektori va uning oqimi. Elektr maydonni xisoblash.	14
3	Gauss teoremasi. Ostrogradskiy - Gauss teoremasi. Ostrogradskiy - Gauss teoremasining integral va differensial ko‘rinishi.	14
4	Elektrostatik maydonda bajarilgan ish. Potensial. Potensiallar farqi. Potensial gradienti.	14
5	Elektrostatikaning umumiy masalasi. Puasson va Laplas tenglamalari. Irnshou teoremasi.	14
6	Elektr maydonida o‘tkazgichlar. Elektr maydonida o‘tkazgichlar. O‘tkazgichlar elektr sig‘imi. Kondensatorlarning sig‘imi. Elektr maydon energiyasi va zichligi.	14
7	Elektr maydonida dielektriklar. Dielektriklarni qutblanishi. Qutblanish vektori.	14
8	Dielektrik singdiruvchanlik va qabul qiluvchanlik. Muxitning dielektrik singdiruvchanligi va qabul qiluvchanligi. Ularning o‘zaro bog‘lanishi.	14
9	Doimiy elektr toki. Elektr tokining xarakteristikalari. O‘tkazuvchanlik elektr toki. Elektr qarshilik va uning temperaturaga bog‘liqligi.	14
10	Om qonunlari. Om qonunining differensial qo‘rinishi. Berk zanjir uchun Om qonuni.	14
11	Elektr yurituvchi kuch. Tarmoqlangan zanjirlar. Kirxgof qoidalari. Tarmoqlangan zanjirlarning xisoblashning xususiy xollari.	14
12	Elektr tokining ishi va quvvati. Tok manbaining foydali ish koeffitsienti. Elektr tokining ishi, quvvat va issiqlik ta’sirlari.	14
13	Metallar elektr o‘tkazuvchanligining tabiati. Metallarda elektr o‘tkazuvchanlik. Rike, Mandelshtam - Papaleksi va Styuart - Tolmen tajribalari.	14
14	Elektr o‘tkazuvchanlikni klassik elektron nazariyasi. Metallarda elektr o‘tkazuvchanlikning klassik elektron nazariyasi asosida Om va Joul-Lens, Videman-Frans qonunlarini tushuntirilishi.	14
15	Vakuumda elektr toki. Termoelektron emissiya va uning volt-amper xarakteristikasi. To‘yinish tokining temperaturaga bog‘liqligi.	14
Jami:		**210**

G L O S S A R I Y

GLOSSARIY (qisqacha izohli lug'at)

1. Jismlarning elektrlanishi – qahrabo, yani elektron hodisasi natijasida ro'y beradi.
2. Elektrostatika- Tinch holatda bo'lgan zaryadlar va ular atrofida mavjud bo'lgan elektr maydonning o'zaro ta'sirini miqdoriy bog'lanish bilan o'rganuvchi bo'limga aytiladi.
3. Elektrlanish-ishqalanish yoki ta'sir usuli bilan ayrim jismlar elektrlanganda, ulardan biri musbat zaryadlansa, ikkinchisi manfiy zaryadlanadi va hamma vaqt bu zaryadlarning miqdorlari o'zaro teng bo'ladi.
4. Elektroskop- jismning elektrlangan ekanligini ko'rsatuvchiasbob.
5. Elektrometr- zaryad miqdorini o'lchaydigan asbob.
6. Zaryadning saqlanish qonuni-neytral jismdagi musbat va manfiy zaryadlarning miqdorlari hamma vaqt o'zaro teng.
7. Kulon qonuni - ikkita nuqtaviy zaryadning o'zaro ta'sir kuchi zaryadlar ko'paytmasiga to'g'ri, ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proprosional bo'lib, ularni birlashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'yicha yo'nalgan $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$.
8. Elektr maydon-biror q zaryadli zarra atrofida bo'ladi.
9. Maydon kuchlanganligi-birlik musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuch bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi.
10. Superpozitsiya - $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + ... + \vec{E}_n$
11. Dipol –(qo'sh qutb) qiymatlari bir biriga teng ishoralari xar xil bo'lgan bir biridan o'zgarmas l masofada turgan 2 ta nuqtaviy zaryalardan iborat sistema.
12. Dipol momenti-zaryadni unung yelkasiga ko'paytmasi.
13. Zaryadning sirt znchligi- jismga elektr zaryad berilganda yuza birligiga to'g'ri kelgan elektr miqdori bilan o'lchanadigan kattalik zaryadlarning sirt zichligi deyiladi $\sigma = \frac{q}{S}$.
14. Ostrogradskiy - Gauss teoremasi-zaryadlarni o'z ichiga olgan har qanday berk sirtdan o'tuvchi kuchlanganlik oqimi o'rab olingan zaryadlarning algebraik yig'indisining 4π ga ko'paytmasiga teng.
15. Zaryadning hajmiy zichligi -hajm birligidagi zaryad $\rho = \frac{q}{V}$.
16. Elektr maydonning bajargan ishi: Biror zaryad atrofida r uzoqlikdabo'lgan elektr maydondagi q zaryadga $(\vec{f} \wedge dl) = \alpha$ burchak ostida ta'sir etuvchi f kuch uni dl masofaga ko'chirib (19- a rasm) dA=fdlcosα ishni bajaradi. Umumiy ishni hisoblash uchun bu elementar ishni integrallasak, $A = \int dA = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int \frac{dr}{r^2}$.
17. Maydon potensiali: Cheksizlikdan q_0 zaryad maydonining biror r nuktasiga q zaryadni keltirishda (20-rasm) bajarilgan ish $A_{\infty K}$ bo'lsa, zaryad birligiga to'g'ri

kelgan ish miqdori $\frac{A_{\infty.r}}{q}$ bo'lib, bu nisbat keltirilgan zaryad miqdoriga bog'liq bo'lmay, maydonning shu r nuqtasi uchun doimiy bo'ladi. Bu $\frac{A}{q}$ qiymat maydonni xarakterlash uchun kattalik sifatida «potensial» deb qabul qilingan: $\frac{A}{q} = \varphi$

18. Birlik musbat zaryadni cheksizlikdan maydonning biror nuqtasi (r) ga keltirishda bajarilgan $\frac{A}{q}$ ish miqdori bilan o'lchanib, maydonni xarakterlovchi kattalikka shu nuqtaning potensiali, deb olingan. SIda potensialning o'lchov birligi qilib «Volt» qabul qilingan.
19. Potensial kuch: Har qanday maydon (gravitasion, elektrostatik) ning kuchi bajargan ishi yo'lning faqat boshlang'ich vaoxirgi holat nuqtasiga bog'liq bo'lib, traektoriya shakliga bog'liq bo'lmaydi. Bunday kuch potensial kuch deb yuritiladi.
20. Ekvipotensial sirt:Hamma nuqtalarda potensiallari bir xil bo'lgan sirtlarni ekvipotensial sirtlar deb ataladi. Ekvipotensial sirt bo'yicha harakatlanuvchi zaryad xech qanday ish bajarmaydi, chunki sirtning hamma nuqtalarida potensial bir xil bo'lganligi uchun zaryad ko'chishida potensial farqi bo'lmaydi.
21. Maydon potensiali gradienti: Umuman, hap qanday skalyar kattalikning kamayib ketayotgan tomoniga qaratilgan hosilasini xarakterlovchi vektor shu skalyar kattalikning gradienti deb yuritiladi. SHunday qilib, elektr maydon kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ elektr maydon potensiali φ ning gradienti bo'lib, $\vec{E} = -grad\varphi$ shaklda yoziladi.
22. Dielektriklar: O'zidan elektrni o'tkazmaydigan yoki yomon o'tkazadigan jismlarni dielektr (izolyator)lar deyiladi.
23. Dielektriklarning qutblanishi-Agar o'rtadagi vakuum o'rnida dielektrik bo'lsa tashqi elektr maydon ta'sirida dielektrikni tashkil etuvchi atom yoki molekulalar maydon bo'yicha siljib tartibli joylashadi va uning ikki tomoni musbat va manfiy zaryadlanadi.
24. $\vec{D} = (1 + 4\pi\chi)\vec{E} = \vec{E} + 4\pi\chi\vec{E}$, ko'rinishda yozish mumkin bunda $\vec{P} = \chi\vec{E}$ vektor qayd etilganidek qutblanish vektoridir. U holda $\vec{D} = \vec{E} + 4\pi\vec{P}$. $\vec{D}$ vektor ham dielektrikda $\vec{E}$ vektor kabi yo'nalgan bo'ladi (kristall dielektriklarda $\vec{D}$ va $\vec{E}$ vektorlarning yo'nalishi mos kelmaydi). Bo'shliqda esa $\vec{D}$ va $\vec{E}$ vektorlar ustma-ust tushadi. Induksiya vektorining chizig'i deb shunday chiziqqa aytiladiki, bu chiziqning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinmaning yo'nalishi induksiya vektorining yo'nalishi bilan ustma-ust tushadi. CHiziqning yo'nalishi har bir nuqtada induksiya vektorining yo'nalishi shu nuqtadagi chiziq yo'nalishiga mos keladi deb hisoblanadi.26.Elektrofor mashina. Ta'sirusulibilan olinganundagizaryadningmavjudligini, unielektroskopsharchasiga

tegizganimizda, elektroskopyaproqchalarining og'ishinikuzatibtasdiqlaymiz. Ta'sirelektrostatikinduksiyausulibilanzaryad oluvchibu asbobelektrofordeyiladi.

25. Dielektriklaruchun Ostrogradskiy - Gaussteoremasi, uningintegralva differensialshakllari $\oint D_n dS = q$ elektrmaydonkuchlanliginingdivergensiyasida Gaussteoremasibo'yicha berksirtdano'tganto'liq oqim $\oint EdS = \frac{q}{\varepsilon_0}$ zaryadnihajmva hajmzichligi orqaliifodasini olsak, shu oqimningo'zi $\frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} dV$, bo'ladi larni birlashtirsak,

26. $divE\, dV = \frac{\rho}{\varepsilon_0} dV$, bundan $divE = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$, $divD = \rho$, yozilishi mumkin, bu erda ρ— erkin zaryadlarning hajmiy zichligi.

27. Elektr sig'im. Elektr sig'im -zaryadsiz o'tkazgichning potensiali φ=0 bo'lsa, unga q zaryad berilganda uning potensiali dφ>0 gacha ko'tariladi, $\frac{q}{\Delta\varphi}$ nisbat bilan o'tkazgichning potensialini potensial birligiga ko'tarish uchun kerak bo'lgan elektr miqdorining son qiymatini bilamiz, ana shu $\frac{q}{\Delta\varphi}$ kattalikni «elektr sig'im»— C debolingan $C = \frac{q}{\Delta\varphi}$.

28. Kondensatorlar va ularning sig'imi. Kondensator-bir-biridan dielektrik bilan ajratilgan ikki o'tkazgichdan iborat sistemani tushunamiz.

Kondensatorlar yassi, silindrik sferik yoki boshqaxil shakllarda bo'lishi mumkin.

29. Yassi kondensatorning elektr sig'imi. $C = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{S}{d}$.Yassi kondensatorning elektr sig'imiplastinalar qoplamasining yuziga, muhitning dielektrik singdiruvchanligiga to'g'ri proporsional bo'lib, ular orasidagi masofaga teskari proporsional bo'ladi.

30. Sharning elektr sig'imi $C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r$

31. Silindirning elektr sig'imi. $C = \frac{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 l}{\ln\frac{r_2}{r_1}}$

32. Sferik kondensatorlarning elektr sig'imi: $C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}$

33. Kondensatorlarni ketma-ket va parallel ulash

34. Kondensatorlarni ketma-ket ulash: Kondensatorlarning ketma-ket ulashda kondensatorlarning qarama-qarshi zaryadli qoplamalari o'zaro ulanib, kondensatorlarning hamma plastinalarida zaryad miqdori bir xil bo'ladi.

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM ,FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

"TASDIQLAYMAN"
O'quv ishlari bo'yicha prorektor
D.Xolmatov
O'QUV ISHLARI BOSHQARMASI BOSHLIG'I
"_____" _____ 2023- yil

ELEKTR VA MAGNETIZM
fanidan
ISHCHI O'QUV DASTURI

2023/2024 o'quv yili kechki ta'lim shakli, 2-kurs uchun

Bilim sohasi:	500000 – Tabiiy fanlar, matematika va statistika
Ta'lim sohasi:	530000 – Fizika va tabiiy fanlar
Ta'lim yo`nalishi:	60530900 – Fizika (kechki)

Namangan-2023

Fan/modul kodi ELMB208	O'quv yili 2023/2022	3-4-Semestr	ECTS-Kreditlar 12
Fan/modul turi Majburiy	Ta'lim tili O'zbek		Haftadagi dars soatlari 3- semestr 6 soat 4- semestr 6 soat

Fanning nomi	Auditoriya mashg'ulotlari (soat)	Mustaqil ta'lim (soat)	Jami yuklama (soat)
Elektr va magnetizm	150	210	360

I. Fanning mazmuni

Fanni o'qitishdan maqsad – Elektr va magnetizm fanining asosiy qonunlari, analitik formulalarning, fizik jarayonlarning mazmuni va ma'nosi bilishi tushuniladi. Elektr va magnit xodisalarni grafiklarda taxlil qilish. Fizik kattaliklarning ma'nosini, birliklarini va ularni taqqoslash. Fizik tajribalar, namoyishlar va xodisalarni fizik qonun prinsiplari asosida tavsiflashni o'rgatish va shu kabi ko`nikmalarni talabalrda shallantirish.

Fanning vazifasi – umumiy talab darajasidagi masalalarni echish va taxlil qilish. Fizik masala va tajriba natijalarini xar xil o'lchov sistemalarida matematik xisoblash usullarini qo'llay bilish va ularni nostandart masalalarga tadbiq etish ulardagi qonunlarni o'rganish, taqqoslashni o'rgatishdan iboratdir.

II. Asosiy nazariy qism (ma'ruza mashg'ulotlari)

II.1. Fan tarkibiga quyidgi mavzular kiradi

1-mavzu. Kirish

Elektr va magnetizm kursiga kirish, vazifasi va manbalari. Elektr zaryadlarining o'zaro ta'siri qonuni. Kulon qonuni. Zaryadlarning chizig'iy, sirtiy va hajmiy zichliklari.

2-mavzu. Elektr maydoni va unnng asosiy xarakteristnkalari

Elektr maydoni. Elektr maydon kuchlanganligi. Superpozitsiya prinsipi. Elektr dipoli. Elektr maydonini grafik ravishda tasvirlash.

3-mavzu. Elektr siljish vektori

Elektrostatik maydon induksiya vektori va uning oqimi. Elektr maydonni xisoblash.

4-mavzu. Gauss teoremasi

Ostrogradskiy - Gauss teoremasi. Ostrogradskiy - Gauss teoremasining integral va differensial kurinishi.

5-mavzu. Elektrostatika maydonda bajarilgan ish

Elektrostatik maydonda bajarilgan ish. Potensial. Potensiallar farqi. Potensial gradiyenti.

6-mavzu. Elektrostatikaning umumiy masalasi

Elektrostatikaning umumiy masalasi. Puasson va Laplas tenglamalari. Irnshou teoremasi.

7-mavzu. Elektr maydonida o'tkazgichlar

Elektr maydonida o'tkazgichlar. O'kazgichlar elektr sig'imi. Kondensatorlarning sig'imi. Elektr maydon energiyasi va zichligi.

8-mavzu Elektr maydonida dielektriklar

Elektr maydonida dielektriklar. Dielektriklarni qutblanishi. Qutblanish vektori.

9-mavzu. Dielektrik singdiruvchanlik va qabul qiluvchanlik

Muqitning dielektrik singdiruvchanligi va qabul qiluvchanligi. Ularning o`zaro bog'lanishi.

10-mavzu. Doimiy elektr toki

Elektr tokining xarakteristikalari. O'kazuvchanlik elektr toki. Elektr qarshilik va uning temperaturaga bog'liqligi.

11-mavzu. Om qonunlari

Om qonunining differensial ko`rinishi.
Berk zanjir uchun Om qonuni.

12-mavzu. Tarmoqlangan zanjirlar. Kirxgof qoidalari

Elektr yurituvchi kuch. Tarmoqlangan zanjirlar. Kirxgoff qoidalari. Tarmoqlangan zanjirlarning xisoblashning xususiy hollari.

13-mavzu. Elektr tokining ishi va quvvati

Tok manbaining foydali ish koeffitsiyenta. Elektr tokining ishi, quvvati va issiqlik ta'sirlari.

14-mavzu. Metallar elektr o`tkazuvchanligining tabiati

Metallarda elektr o`tkazuvchanlik. Rike, Mandelshtam - Papaleksi va Styuart -Tolmen tajribalari.

15-mavzu. Elektr o`tkazuvchanlikni klassik elektron nazariyasi

Metallarda elektr o`tkazuvchanlikning klassik elektron nazariyasi asosida Om va Joul-Lens, Videman-Frans qonunlarini tushuntirilishi

16-mavzu: Vakuumda elektr toki

Vakuumda elektr toki. Termoelektron emissiya va uning volt-amper xarakteristikasi. To'yinish tokining temperaturaga bog'liqligi.

17- mavzu: YArimo'tkazgichlar va ularning elektr o'tkazuvchanligi

YArimo'tkazgichlar. YArimo'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi. Sof va aralashmali elektr o'tkazuvchanlik.

18- mavzu: Doimiy tok magnit maydoni

Toklarning o'zaro magnit ta'siri. Magnit maydon induksiya vektori. Bio-Savar-Laplas qonuni. Magnit maydon kuchlanganligi. Xarakatlanayotgan zaryadlangan zarrachaning magnit maydoni.

19-mavzu: Toklar magnit maydoni

To'g'ri tok va aylanma toklarning magnit maydon kuchlaganligini xisoblash. Solenoidning o'ki buylab magnit maydon kuchlanganligini taksimlanishi.

20- mavzu: Parallel toklar magnit maydoni

Parallel toklarning o'zaro magnit ta'siri. Tok kuchining birligi Amper.

Magnit oqimi. Magnit maydonida xarakatlanayotgan zaryadlangan zarrachaga ta'sir etuvchi kuch.

21- mavzu: Magnit xodisalari

Magnit maydon kuchlanganligining sirkulyasiyasi. Magnit maydonda tokli o'tkazgich. Xoll xodisasi. Moddalarning magnit xususiyatlari. Molekulyar toklar. Magnitlanish vektori.

22- mavzu: Dia va paramagnetiklar

Dia - paramagnetiklar. Para va diamagnetizmni tushuntirilishi.

23- mavzu: Ferromagnetiklar

Ferromagnetiklarni magnitlanish jarayoni. Gisterezis sirtmogi, qoldik magnitlanish va koersitiv kuch. Ferromagnetizmni tushuntirilishi. Domenlar nazariyasi xakida tushuncha.

24- mavzu: Magnit zanjirlari

Magnit zanjirlari. Magnit oqimning tarmoqlanishi.

25- mavzu: Elektromagnit induksiya xodisasi

Elektromagnit induksiya xodisasi. Faradey tajribalari. Lens qonuni. Elektromagnit induksiyaning asosiy qonuni. O'zinduksiya xodisasi.

26-mavzu: Magnit maydon energiyasi

Induktivlik. Solenoidnish induktivligi. Muhitning magnit doimiysi. Magnit maydon energiyasi va zichligi.

27- mavzu: Elekgromagnit tebranishlar

So'nish bo'lgandagi elektr tebranishlar. Xususiy elektr tebranishlar tenglamasi. So'nish bo'lmagandagi elektr tebranishlar. Majburiy elektr tebranishlar.

28-mavzu: O'zgaruvchan elektr toki

O'zgaruvchan elektr toki. O'zgaruvchan elektr toki zanjirida aktiv qarshilik, sig'im va induktivlik. Vektor diagrammalar usuli. O'zgaruvchan

tokning quvvati, ishi. Tok va kuchlanishning effektiv qiymatlari. O'zgaruvchan tok zanjirlarida tarmoqlanish. Toklar rezonansi.

29- mavzu: Elektromagnit maydon

Elektr va magnit maydonlarni o'zaro bog'likdigi. Elektromagnit maydon. Maksvell postulatlari. Siljish toki.

30- mavzu: Elektromagnit to'lqinlar

Elektromagnit to'lqinlar. Elektromagnit to'lqinlarning xususiyatlari. Umov - Poyting vektori.

II.2. Ma'ruza mavzularini taqsimlanishi

3-semestr

№	mavzular	Soati
1	**Kirish** Elektr va magnetizm kursiga, vazifasi va manbalari. Elektr zaryadlarining o'zaro ta'siri qonuni. Kulon qonuni. Zaryadlarning chiziqiy, sirtiy va xajmiy zichliklari.	2
2	**Elektr maydoni va uning asosiy xarakteristikalari** Elektr maydoni. Elektr maydon kuchlanganligi. Superpozitsiya prinsipi. Elektr dipoli. Elektr maydonini grafik ravishda tasvirlash.	2
3	**Elektr siljish vektori** Elektrostatik maydon induksiya vektori va uning oqimi. Elektr maydonni xisoblash.	2
4	**Gauss teoremasi** Ostrogradskiy - Gauss teoremasi. Ostrogradskiy - Gauss teoremasining integral va differensial ko'rinishi.	2
5	**Elektrostatik maydonda bajarilgan ish** Elektrostatik maydonda bajarilgan ish. Potensial. Pogensiallar farqi. Potensial gradienti.	2
6	**Elektrostatikaning umumiy masalasi** Elektrostatikaning umumiy masalasi. Puasson va Laplas tenglamalari. Irnshou teoremasi.	2
7	**Elektr maydonida o'tkazgichlar** Elektr maydonida o'tkazgichlar. O'tkazgichlar elektr	2

		sig‘imi. Kondensatorlarning sig‘imi. Elektr maydon energiyasi va zichligi.	
	8	**Elektr maydonida dielektriklar** Elektr maydonida dielektriklar. Dielektriklarni qutblanishi. Qutblanish vektori.	2
	9	**Dielektrik singdiruvchanlik va qabul qiluvchanlik** Muxitning dielektrik • singdiruvchanligi va qabul qiluvchanligi. Ularning o‘zaro bog‘lanishi.	2
	10	**Doimiy elektr toki** Elektr tokining xarakteristikalari. O‘tkazuvchanlik elektr toki. Elektr qarshilik va uning temperaturaga bog‘likligi.	2
	11	**Om qonunlari** Om qonunining differensial qo‘rinishi. Berk zanjir uchun Om qonuni.	2
	12	**Tarmoqlangan zanjirlar. Kirxgof qoidalari** Elektr yurituvchi kuch. Tarmoqlangan zanjirlar. Kirxgof qoidalari. Tarmoqlangan zanjirlarning xisoblashning xususiy xollari.	2
	13	**Elektr tokining ishiva quvvati** Tok manbaining foydali ish koeffitsienti. Elektr tokining ishi, quvvat va issiqlik ta’sirlari.	2
	14	**Metallar elektr o‘tkazuvchanligining tabiati** Metallarda elektr o‘tkazuvchanlik. Rike, Mandelshtam - Papaleksi va Styuart - Tolmen tajribalari.	2
	15	**Elektr o‘tkazuvchanlikni klassik elektron nazariyasi** Metallarda elektr o‘tkazuvchanlikning klassik elektron nazariyasi asosida Om va Joul-Lens, Videman-Frans qonunlarini tushuntirilishi.	2
	16	**Vakuumda elektr toki** Vakuumda elektr toki. Termoelektron emissiya va uning volt-amper xarakteristikasi. To‘yinish tokining temperaturaga bog‘liqligi.	2
	17	**YArimo‘tkazgichlar va ularning elektr o‘tkazuvchanligi**	2

		YArimo‘tkazgichlar. YArimo‘tkazgichlarning elektr o‘tkazuvchanligi. Sof va aralashmali elektr o‘tkazuvchanlik.	
	18	**Doimiy tok magnit maydoni** Toklarning o‘zaro magnit ta’siri. Magnit maydon induksiya vektori. Bio-Savar-Laplas qonuni. Magnit maydon kuchlanganligi. Xarakatlanayotgan zaryadlangan zarrachaning magnit maydoni.	2
	19	**Toklar magnit maydoni** To‘g‘ri tok va aylanma toklarning magnit maydon kuchlaganligini xisoblash. Solenoidning o‘ki buylab magnit maydon kuchlanganligini taksimlanishi.	2
	20	**Parallel toklar magnit maydoni** Parallel toklarning o‘zaro magnit ta’siri. Tok kuchining birligi Amper. Magnit oqimi. Magnit maydonida xarakatlanayotgan zaryadlangan zarrachaga ta’sir etuvchi kuch.	2
		4-semestr	
	21	**Magnit xodisalari** Magnit maydon kuchlanganligining sirkulyasiyasi. Magnit maydonda tokli o‘tkazgich. Xoll xodisasi. Moddalarning magnit xususiyatlari. Molekulyar toklar. Magnitlanish vektori.	2
	22	**Dia va paramagnetiklar** Dia - paramagnetiklar. Para va diamagnetizmni tushuntirilishi.	2
	23	**Ferromagnetiklar** Ferromagnetiklarni magnitlanish jarayoni. Gisterezis sirtmogi, qoldik magnitlanish va koersitiv kuch. Ferromagnetizmni tushuntirilishi. Domenlar nazariyasi xakida tushuncha.	2
	24	**Magnnt zanjirlari** Magnit zanjirlari. Magnit oqimning tarmoqlanishi.	2
	25	**Elektromagnit induksiya xodisasi** Elektromagnit induksiya xodisasi. Faradey tajribalari.	2

		Lens qonuni. Elektromagnit induksiyaning asosiy qonuni. O‘zinduksiya xodisasi.	
	26	**Magnit maydon energiyasi** Induktivlik. Solenoidnish induktivligi. Muxitning magnit doimiysi. Magnit maydon energiyasi va zichligi.	2
	27	**Elekgromagnit tebranishlar** So‘nish bo‘lgandagi elektr tebranishlar. Xususiy elektr tebranishlar tenglamasi. So‘nish bo‘lmagandagi elektr tebranishlar. Majburiy elektr tebranishlar.	2
	28	**O‘zgaruvchan elektr toki** O‘zgaruvchan elektr toki. O‘zgaruvchan elektr toki zanjirida aktiv qarshilik, sig‘im va induktivlik. Vektor diagrammalar usuli. O‘zgaruvchan tokning quvvati, ishi. Tok va kuchlanishning effektiv qiymatlari. O‘zgaruvchan tok zanjirlarida tarmoqlanish. Toklar rezonansi.	2
	29	**Elektromagnit maydon** Elektr va magnit maydonlarni o‘zaro bog‘likdigi. Elektromagnit maydon. Maksvell postulatlari. Siljish toki.	2
	30	**Elektromagnit to‘lqinlar** Elektromagnit to‘lqinlar. Elektromagnit to‘lqinlarning xususiyatlari. Umov - Poyting vektori.	2
		Jami	**60 soat**

III. Amaliy mashg’ulotlar

1. Nuqtaviy zaryadlarlar o‘zaro ta’siri. Nuqtaviy zaryadlar. Xalqa va sfera bo`ylab taqsimlangan zaryad maydonining kuchlanganligi. Zaryadlangan chiziqsimon o‘tkazgich, zaryadlangan tekislik maydonining kuchlanganligi.
2. Elektr maydonda zaryadga ta’sir etuvchi kuch. Potensial. Nuqtaviy zaryadlarning potensial energiyasi va maydon potensiali. Chiziqli, sirt bo`ylab, hajm bo`ylab taqsimlangan zaryadlar maydonining potensiali. Potensial gradienti va uning maydon kuchlanganligi bilan bog‘lanishi.
3. Elektr sig‘imi. o‘tkazuvchan sfera, yassi kondensator, sferik kondensatorlarning elektr sig‘imi. Kondensatorlarni ulash. Yassi kondensator va zaryadlangan sferaning elektr maydon energiyasi.
4. O‘zgarmas tokning asosiy qonunlari. Zanjir bir kismi uchun Om

qonuni. To‘liq zanjir uchun Om qonuni.

5. Kirxgof qoidalari. Tokning ishi va quvvati.
6. Elektr o‘tkazuvchanliklarning tabiati. Metallarda, suyuqliklarda va gazlarda tok.
7. O‘zgarmas tokning magnit maydoni. Aylanma tok va solenoid magnit maydoni. To‘g‘ri tokning maydoni.
8. Magnit maydondagi tokli o‘tkazgichga ta’sir etadigan kuch. Amper kuchi. Magnit moment. Magnit maydondagi kontur. Magnit dipol.
9. Magnit maydonda xarakatlanayotgan zaryadga ta’sir etuvchi kuch. Lorens kuchi. Zaryadlangan zarralarning qo‘shma elektr va magnit maydonlardagi xarakati.
10. To‘liq tok qonuni. Magnit oqimi. Ferromagnetikdagi magnit induksiya. Magnit zanjirlar.
11. Magnit maydonda tokli o‘tkazgichni ko‘chirishda bajarilgan ish. Elektromagnit induksiya. Induktivlik. Lorens kuchi.
12. O‘zinduksiya va O‘zaro induksiya. Tutashtirish va ajratishdagi ekstratoklar. Betatron.
13. Magnit maydon energiyasi. Solenoid va toroid magnit maydoniningenergiyasi. Energiyaning hajmiy zichligi.
14. Moddaning magnit xossalari. Magnitlanganlik. Magnit qabul qiluvchanlik. Dia va paramagnetizm. Ferromagnetizm.
15. Elektr tebranishlar va to‘lqinlar.

III.2. Amaliy mashg’ulot mavzularini taqsimlanishi

№	Amaliy mashg’ulot mavzulari	Soati
	3-semestr	
1	Nuqtaviy zaryadlarlar o‘zaro ta’siri. Nuqtaviy zaryadlar. Xalqa va sfera bo`ylab taqsimlangan zaryad maydonining kuchlanganligi. Zaryadlangan chiziqsimon o‘tkazgich, zaryadlangan tekislik maydonining kuchlanganligi.	2
2	Elektr maydonda zaryadga ta’sir etuvchi kuch. Potensial. Nuqtaviy zaryadlarning potensial energiyasi va maydon potensiali. Chiziqli, sirt bo`ylab, hajm bo`ylab taqsimlangan zaryadlar maydonining potensiali. Potensial gradienti va uning maydon kuchlanganligi bilan bog‘lanishi.	2

	3	Elektr sig'imi. o'tkazuvchan sfera, yassi kondensator, sferik kondensatorlarning elektr sig'imi. Kondensatorlarni ulash. Yassi kondensator va zaryadlangan sferaning elektr maydon energiyasi.	2
	4	O'zgarmas tokning asosiy qonunlari. Zanjir bir kismi uchun Om qonuni. To'liq zanjir uchun Om qonuni.	2
	5	Kirxgof qoidalari. Tokning ishi va quvvati.	2
	6	Elektr o'tkazuvchanliklarning tabiati. Metallarda, suyuqliklarda va gazlarda tok.	2
	7	O'zgarmas tokning magnit maydoni. Aylanma tok va solenoid magnit maydoni. To'g'ri tokning maydoni.	2
	8	Magnit maydondagi tokli o'tkazgichga ta'sir etadigan kuch. Amper kuchi. Magnit moment. Magnit maydondagi kontur. Magnit dipol.	2
	9	Magnit maydonda xarakatlanayotgan zaryadga ta'sir etuvchi kuch. Lorens kuchi. Zaryadlangan zarralarning qo'shma elektr va magnit maydonlardagi xarakati.	2
	10	To'liq tok qonuni. Magnit oqimi. Ferromagnetikdagi magnit induksiya. Magnit zanjirlar.	2
		4-semestr	
	11	Magnit maydonda tokli o'tkazgichni ko'chirishda bajarilgan ish. Elektromagnit induksiya. Induktivlik. Lorens kuchi.	2
	12	O'zinduksiya va O'zaro induksiya. Tutashtirish va ajratishdagi ekstratoklar. Betatron.	2
	13	Magnit maydon energiyasi. Solenoid va toroid magnit maydoniningenergiyasi. Energiyaning hajmiy zichligi.	2
	14	Moddaning magnit xossalari. Magnitlanganlik. Magnit qabul qiluvchanlik. Dia va paramagnetizm. Ferromagnetizm.	2
	15	Elektr tebranishlar va to'lqinlar.	2
		Umumiy jami	**30 soat**
	IV. Mustaqil ta'lim va mustaqil ishlar		

Mustakil ta'lim uchun tavsiya etiladigan mavzular:

1. Elektr tokining ta'sirlari. Shunt karshilikni tanlash. Karshiliklarni ulchash usullari.
2. Yarimo'tkazgichlarni xalq xo'jaligida qo'llanishi.
3. Elektrolitlarda elektr toki. Faradey qonunlari.
4. Gazlarda elektr toki. Plazmaning elektr o'tkazuvchanligi.
5. Zamonaviy kondensatorlar tuzilishi va ishlash prinsipi.
6. Segnetoelektriklar va ularning fan va texnikada qo'llanilishi.
7. Pezoelektrik effekt.
8. Elektredlar.

IV. Mustaqil ta'lim mavzularini taqsimlanishi

№	Mustaqil ta'lim mavzulari	Soati
1	Elektr tokining ta'sirlari. Shunt karshilikni tanlash. Karshiliklarni ulchash usullari.	26
2	Yarimo'tkazgichlarni xalq xo'jaligida qo'llanishi.	26
3	Elektrolitlarda elektr toki. Faradey qonunlari.	26
4	Gazlarda elektr toki. Plazmaning elektr o'tkazuvchanligi.	26
5	Zamonaviy kondensatorlar tuzilishi va ishlash prinsipi.	26
6	Segnetoelektriklar va ularning fan va texnikada qo'llanilishi.	26
7	Pezoelektrik effekt.	26
8	Elektredlar.	28
	Jami	**210**

V. Laboratoriya mashg'ulotlar taqsimoti.

№	Mavzular	Soati
1	Elektrometrik kuchaytirgich yordamida elektrostatikaning asosiy tajribalarini o'rganish.	4
2	Vakuumli diodning volt-amper xarakteristikasini o'rganish.	4
3	Uitson ko'prigidan foydalanib qarshiliklarni aniqlash.	4
4	Faradey doimiysini aniqlash.	6
5	Voltengofen mayatnigi: Aylanma tokning kamayishi namoyish etish.	6
6	Er magnit maydonini aylanuvchi induksion galtak yordamida o'lchash.	6
7	Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni o'lchash.	6

8	Magnit o'zakka ega bo'lmagan induktiv galtakning magnit maydonini o'lchash.	6
9	To'g'ri o'tkazgich va aylanma halqaning magnit maydonini o'lchash.	6
10	Ferromagnitning magnitlanish egri chizig'ini va gisterezis halqasini o'lchash.	6
11	Erkin elektromagnit tebranishlar.	6
	Jami:	**60**

VI. Fan o'qitilishining natijalari (shakllanadigan kompetentsiyalar)

Fanni o'zlashtirishi natijasida talaba:

- Elektr va magnetizmning fanlar tizimida tutgan o'rni, obyektti va predmeti, shakllanishi, rivojlanishi, zamonaviy tuzilishi haqida ***tasavvurga ega bo'lidi***;
- Elektr va magnetizm fanining asosiy qonuniyatlarini fizik masalalarni taxlil qilish va yechish, eksperiment natijalarini kayta ishlash va taxlil qilishni bilish va ulardan foydalana oladi;

tajribalarni rejalashtirish, qo'llaniladigan sxemalar va ulardagi elementlarni tanlash, elektr zanjirlarining asosiy parametr va xossalarini eksperimental o'lchash elektr va magnetizmning asosiy qonunlari va ularni fichikaviy elektronikada qo'llash kunikmalariga ega bo'ladi.

VII. Ta'lim texnologiyalari va metodlari

- ma'ruzalar;
- interfaol keys-stadilar;
- seminarlar (mantiqiy fikrlash, tezkor savol-javoblar);
- guruhlarda ishlash;
- taqdimorlar qilish;
- individual loyixalar;
- jamoa bo'lib ishlash vahximoya qilish uchun loyihalar

VIII. Kreditlarni olish uchun talabalar

Fanga oid nazariy va uslubiy tushunchalarni to'la o'zlashtirish, taxlil natijalarini to'g'ri aks ettira olish, o'rganilayotgan fizik jarayonlar haqida mustaqil fikr yuritish va joriy (amaliy va laboratoriya mashg'ulotlarida), oraliq nazorat shakllarida berilgan vazifa va topshiriqlarni bajarish, yakuniy nazorat bo'yicha yozma ishni topshirish.

Elektr va magnetizm kursi bo'yicha talabalarning kredit olish bo'yicha bilimlarini baholash mezonlari, reyting - kredit tizimi asosida.

Fanga oid nazariy va uslubiy tushunchalarni to'la o'zlashtirish, tahlil natijalarini to'g'ri aks ettira olish, o'rganilayotgan jarayonlar xaqida mustaqil

mushoxada yuritish va joriy, oralik nazorat shakllarida berilgan vazifa va topshiriqlarni bajarish, yakuniy nazorat bo'yicha yozma ishni topshirish.

Yakuniy nazoratda ijobiy baho olgan talaba kurs bo'yicha kerakli kreditlarni oladi.

Ball		Talabalarning bilim darajasi
5	A'lo	Mavzu mohiyati to'liq yoritib berilgan, to'g'ri xulosa chiqarilgan va savol bo'yicha ijodiy fikrlari bildirilgan bo'lsa, masalalar to'g'ri yechilgan, barcha formulalar to'g'ri va o'z o'rnida qo'llangan bo'lsa
4	Yaxshi	Mavzu mohiyati yoritib berilgan va savollarga javob berilsa, masalalar to'g'ri yechilgan, ammo yechishda formulalarda ayrim kamchiliklarga yo'l qo'yilgan bo'lsa
3	Qoniqarli	Mavzu mohiyatini yoritishda kamchiliklarga yo'l qo'yilgan bo'lsa, masalalar to'liq yechilmagan, yechishda formulalarda ayrim kamchiliklarga yo'l qo'yilgan bo'lsa
2	Qoniqarsiz	Mavzu mohiyatini hato yoritilgan, savollarga javob berilmasa, masalalar yechishda formulalar noto'gri keltirilgan va masala noto'g'ri echilgan bo'lsa

Asosiy adabiyotlar

1. Kalashnikov S.G. Umumiy fizika kursi. Elektr, Oliy o'kuv yurtlarining fizika ixtisosi buyicha o'quv ko'llanma. O'kituvchi, Toshkent- 1979,615 bet
2. Jearl Walker, David Hallidey., R.Resnick. Fundamentals of physics. ISBN 978-8808-08797- 2014.
3. Sivuxin D.V. Kurs obshey fiziki. T.SH, Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey vыsshix uchebnыx zavedeniy. Nauka, M.-2004.
4. Douglas S. Giancoli. Physic sprinciples withapplications. 2014.
5. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi, 1991 y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 14 fevraldagi 2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishi buyicha Xarakatlar strategiyasi.

2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 17 iyundagi "2019-2023 yillarda Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universitetida talab yuqori bo'lgan malakali kadrlar tayyorlash tizimini tubdan takomillattirish va ilmiy saloxiyatni rivojlantirish chora tadbirlari to'g'risida" gi PQ-4358 sonli Qarori.
3. Sh.M. Mirziyoyev. "Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash-yurt, taraqqiyot va xalq farovonligining garovi" Toshkent- «O'zbekiston»-2017.48 bet.
4. Sh.M. Mirziyoyev. "Milliy tiklanishdan milliy yuksalish sari". Toshkent- "Yoshlar nashriyot uyi"-2019. 158 bet.
5. I.Ye. Irodov. Osnovniye zakoni elektromagnetizma. M. 1983 y.
6. Volkenshteyn S.V. Umumiy fizikadan masalalar to'plami.
7. A.N. Matveev. Kurs fiziki. Elektrichestvo i magnetizm. M.,1983 y.
8. Buxanov V.M., Vasileva O.N., Jukarev A.S., Lukasheva Ye.V., Rusakov B.C. Elektrichestvo i magnetizm. Razrabotka seminarskix zanyatiy (Universitetskiy kurs obshey fiziki). M.: Fizicheskiy fakultet MGU, 2015, 775 b.
9. Aleshkevich V.A. Elektromagnetizm. M.: FIZMATLIT, 2014, 404 b.
10. Brandt N.N., Mironova G.A., Saleskiy A.M. Elektrostatika v voprosax i zadachax. Posobie po resheniyu zadach dlya studentov. SPb.: Lan, 2011. 288 b.

Axborot manbaalari:

1. Animatsion rolik (http:www.upscale.utorouto.ca. va html,http:tical ua.es).
2. Fizika "Physicon".
3. Fizikadan o'quv kinofilmlari.
4. Ko'rgazmali rangli rasmlar (http:www.hord-Wareandlysis.com.).
5. "Phusics onlian".
6. www.cultinfo./fulltext/l /008/077/561/htm
7. www.eneriu.ru. Portal

Fan/ modul uchun mas'ul:	D.A. Alijanov- Namangan davlat universiteti fizika kafedrasi o'qituvchisi

e-mail:	dilmurod0413@gmail.com
Tashkilot	Namangna davlat universiteti Fizika kafedrasi

Fanning o‘quv dasturi Namangan davlat universiteti Kengashining 2023-yil “ ”- dagi -sonli yig‘ilishida tasdiqlangan.

NamDU o’uv-uslubiy boshqarma boshlig’i	**X. Mirzaaxmedov**
Fizika fakulteti dekani	**O.Ismanova**
Fizika kafedrasi mudiri	**B.Abduazizov**
Tuzuvchi	**D.A. Alijanov**

Elektr va magnetizm fanidan test

№1 Fan bobi-1; Fan bo'limi-1; qiyinlik darajasi – 1

O'tkazgichdagi erkin zaryadlar nima?
Erkin zaryadlar o'tkazgich bo'ylab ko'cha oladigan zaryadlar
Ekin zaryadlar potentsial energiyasi nol bo'lgan zaryadlar
Erkin zaryadlar o'tkazgichdagi elektronlarning zaryadi
Erkin zaryadlar o'tkazgichdagi bog'lanmagan elektronlarning yig'indisidan iborat

№2 Fan bobi-1; Fan bo'limi-2; qiyinlik darajasi – 1

Elektr maydoni uchun superpozitsiya printspi o'rinli, nima uchun?
Elektr maydon kuchlanganligi vektor kattalik bo'lganligi uchun
Xar bir zaryad boshqa zaryadlardan bog'liq bo'lmagan xolda o'z maydonini xosil qiladi
Elektr maydonga kiritilgan zaryadga kuch ta'sir etgani uchun
Yig'indi elektr maydoni uchun

№3 Fan bobi-1; Fan bo'limi-2; qiyinlik darajasi – 2

1kg suv (H_2O) dagi xamma elektronlarning yig'indi zaryadi qancha?
$53\cdot10^9$ *кл.*
$53\cdot10^8$ *кл.*
$5{,}3\cdot10^8$ *кл.*
53 *мкл.*

№4 Fan bobi-1; Fan bo'limi-1; qiyinlik darajasi – 2

Ikkita elektronning o'zaro ta'sir kuchi xar birining yer sirtidagi og'irligiga teng bo'lishi uchun ular qanday masofada joylashishi kerak?
5 m
5 mm
5 km
50 m

№5 Fan bobi-7; Fan bo'limi-26; qiyinlik darajasi – 2

Agar radio pryomnik konturining kondensatori-dagi zaryad $q=10^9 Cos4\cdot10^6\pi t$ (kl) qonun bo'yicha o'zgarsa u qanday to'lqin uzunligiga moslangan (m) ?
150
300
50
100

№6 Fan bobi-1; Fan bo'limi-2; qiyinlik darajasi – 2

Radiusi 15 sm li aylana kuchlanganligi $3{,}6\cdot10^2$ n / Kl bo'lgan eletr maydoniga joylashgan bo'lib, uning tekisligi kuch chiziqlari bilan 45^0 burchak xosil qilgan.

Aylana ichidan o'tayotgan elektr maydon kuchlanganligining oqimini toping.
18,16 V/m
$E = \Phi / S\ Cos\alpha$
$E = 20\ B*M$
$E = 16\ B*M$

№7 Fan bobi-1; Fan bo'limi-3; qiyinlik darajasi – 2

Tashqi kuchning *A* nuqtadan –2,0 mkKl zaryadni B nuqtaga ko'chirishda bajargan ishi $8.0\cdot10^{-4}$ j ga teng. Agar zaryad dastlab tinch turgan bo'lsa B nuqtada u $1.0\cdot10^{-4}$ j kinetik energiyaga ega bo'ladi. A va B nuqtalar orasidagi potentsillar farqi qancha?
450 V
45 V
3,5 V
350 kV

№8 Fan bobi-1; Fan bo'limi-4; qiyinlik darajasi – 2

Radiusi 32 sm li o'tkazuvchan sfera 500 V potentsialga ega. Zaryadning sirt zichligi qancha. (k/m^2)
0.14
1.4
140
240

№9 Fan bobi-1; Fan bo'limi-4; qiyinlik darajasi – 2

Uran izotopidagi U_{92}^{235} ikkita proton yadroning sirtida diametral qarama- qarshi nuqtalarda turgan bo'lsa, ularning elektrostatik potentsial energiyasini toping. Uran yadrosining diametri $15\cdot10^{-15}$ m ga teng. Javobini eV larda ifodalang.
0.96 mkeV
$1{,}6*10^{-19}$
$0{,}19*10^{6}$
$0{,}19*10$

№10 Fan bobi-1; Fan bo'limi-4; qiyinlik darajasi – 2

Latundan yasalgan yaxlit va po'latdan yasalgan kovak sharlarga bir xil zaryad berilgan bu sharlarda zaryadning sirtiy zichliklarini solishtiring. (Radiuslari bir xil)
Bir xil
Zaryad berish usuliga bog'liq
Po'lat sharda katta
Latun sharda katta

№11 Fan bobi-1; Fan bo'limi-4; qiyinlik darajasi – 2

Elektron sxemaning bir qismidagi sig'imni 3000 nF dan 1000 nF ga kamaytirish kerak buning uchun sxemaga qanday (nF) kattalikdagi qo'shimcha kodensatorning sxemadan xech narsa olib tashlamagan xolda ulash kerak. Uni qanday ulash kerak.
1500, ketma-ket
2000, ketma-ket
4000 , ketma-ket
15 00, parallel

№12 Fan bobi-1; Fan bo'limi-4; qiyinlik darajasi – 2

Yassi kondensatorni xar bir qoplamasi boshqasiga qanday kuch bilan ta'sir qiladi.
$F = \frac{q^2}{\varepsilon_0 S}$
$F = \frac{q^2}{2\varepsilon_0 S}$
$F = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}$
$F = \frac{q^3}{2\varepsilon_0 S}$

№13 Fan bobi-1; Fan bo'limi-4; qiyinlik darajasi – 2

Agar kondentsatorga 200 V kuchlanish qo'yilgan bo'lsa, 200 nF sig'imli kondensatorda qanday energiya jamlangan.
4m J
4 J
40 mJ
4 mkJ

№14 Fan bobi-1; Fan bo'limi-4; qiyinlik darajasi – 2

12 V kuchlanishli batareyaga 0,1 va 0,2 mkF sig'imli kondensatorlarni paralel ulanganda ular to'la zaryadlanib batareyadan qanday energiya oladi. (mk J)
21,6
40
15.6
51.2

№15 Fan bobi-2; Fan bo'limi-1; qiyinlik darajasi – 2

O'tkazgichdan tok kuchi 3,2 A tok o'tayapti o'tkazgichning ko'ndalang yuzasidan xar sekundda nechtadan elektron o'tadi.
$2\ 10^{19}$
$4\ 10^{19}$
$3\ 10^{19}$
$2\ 10^{20}$

№16 Fan bobi-2; Fan bo'limi-7; qiyinlik darajasi – 2

O'tkazgichni teng ikki bo'lak qilib bo'laklarni paralel ulandi. qarshiligi qanday o'zgargan.
4 marta kamayadi
2 marta ortadi
4 marta ortadi
2 marta kamayadi

№17 Fan bobi-2; Fan bo'limi-7; qiyinlik darajasi – 2

1 Ω qarshilikli o'tkazgichni uzunasi bo'ylab 3 martaga cho'zildi. Uning qarshiligi qancha bo'lib qoladi.
9 Ω
3 Ω
1 Ω
90 Ω

№18 Fan bobi-2; Fan bo'limi-7; qiyinlik darajasi – 3

Diametri 1 *mm* li mis o'tkazgichdan 3,14 *mkA* tok o'tayapdi. Tok zichligini toping.
4 A/m^2
2 A/m^2
8 A/m^2
1 A/m^2

№19 Fan bobi-2; Fan bo'limi-8; qiyinlik darajasi – 3

Elektrostantsiya zavodni qarshiligi 100 Ω bo'lgan o'tkazgichlar orqali elektr energiya bilan taminlaydi. Zavod istemol qiladigan quvat 360 *kVt*. Elektr uzatish linyasidagi kuchlanishni 13000 V bo'lsa isrof bo'layotgan quvvat qancha (k Wt)?
160
260
100
120

№20 Fan bobi-2; Fan bo'limi-7; qiyinlik darajasi – 2

120 *V* ga mo'ljallangan archa girlyandasi xar birining quvati 8 W*t* dan bo'lgan ketma-ket ulangan sakkista lampochkadan iborat xar bir lampochkaning qarshiligi qancha
225 *Om*
22,5 *Om*
2,25 *Om*
0,225 *Om*

№21 Fan bobi-2; Fan bo'limi-7; qiyinlik darajasi – 3

10,5 *A* tok o'tayotgan bir metr uzunlikdagi to'g'ri o'tkazgichga induksiyasi 1,7 *T* bo'lgan magnit maydon qancha kuch bilan ta'sir qiladi. O'tkazgich bilan B vektor orasidagi burchak a) 90^0 ga b) 45^0 ga teng
17, 85; 12,62;
178, 5; 126, 2;
1, 785; 1,262;
0, 1785;

№22 Fan bobi-4; Fan bo'limi-19; qiyinlik darajasi – 2

q zaryadli zarracha va B induksiyali bir jinsli magnit maydonda r radiusli aylana bo'ylab xarakatlanayapti. Uning ipulsini toping.
qBr
qr/B
qB/r
q/Br

№23 Fan bobi-4; Fan bo'limi-19; qiyinlik darajasi – 2

33,4 MeV kinetik energiyali proton 0,2 T li magnit maydoniga kirdi. Trayektoriyasining egrilik radiusini aniqlang. m_p=1.67 10^{-27} kg. q_p=1.6*10^{-19} C
2.56 10^{-11} m
3 10^{-11} m
4.56 10^{-11} m
1.96 10^{-11} m

№24 Fan bobi-4; Fan bo'limi-19; qiyinlik darajasi – 2

Agar protonlar tsiklotronda sekundiga 2,1 · 10^7 marta aylanayotgan bo'lsa tsiklotrondagi magnit maydon induksiyasi qancha?
$B = 0{,}13$ Tl
$B = \frac{e}{2\pi\upsilon m_P}$
$B = \frac{2\pi\upsilon m_P}{e}$
$B = 1{,}.318$ Tl

№25 Fan bobi-4; Fan bo'limi-18; qiyinlik darajasi – 2

B magnit maydonda joylashtirilgan S yuzali va I tokli ramkaga ta'sir etuvchi aylantiruvchi momentning ifodasini ko'rsating
M=IBS
M=IB/S
M=BS/I
M=I^2BS

№26 Fan bobi-4; Fan bo'limi-18; qiyinlik darajasi – 1

Magnit momentini ifodasini ko’rsating.
IS
BS
IB
IBS

№27 Fan bobi-4; Fan bo’limi-19; qiyinlik darajasi – 2

Induksiyasi 4 *T* bo’lgan magnit 10^7 m/s tezlik bilan Induksiya chiziqlariga perpendikulyar yo’nalishda uchib kirgan elektronga ta’sir etuvchi kuchning moduli nimaga teng. (N)
$6.4\cdot10^{-12}$
$0.4\cdot10^{-12}$
$6.4\cdot10^{-7}$
$0.4\cdot10^{-7}$

№28 Fan bobi-4; Fan bo’limi-18; qiyinlik darajasi – 2

15 A tok oqayotgan to’g’ri cheksiz o’tkazgichga 45^0 burchak ostida elektron $4\cdot10^6$ m/s tezlik bilan xarakatlanib kelmoqda. Agar elektron o’tkazgichdan 12 sm uzoqlikda xarakat qilayotgan bo’lsa, unga ta’sir qilayotgan Lorens kuchini toping.
$11.2 *10^{-4}$
$12.7\ 10^{-4}$
$10.4\ 10^{-4}$
$13\ 10^{-4}$

№29 Fan bobi-4; Fan bo’limi-18; qiyinlik darajasi – 3

L= 5 *m* uzunlikdagi solenoidning markazidagi magnit maydon induksiyasi $3{,}14\ 10^{-7}$ *T*. Solenoiddagi tok 3 *A bo’lsa,* o’ramlar soni qancha bo’lishi krak.
60
30
20
80

№30 Fan bobi-4; Fan bo’limi-17; qiyinlik darajasi – 3

Tomoni *l* bo’lgan kvadrat ramkadan I tok oqyapti kvadrat markazidagi magnit maydon induksiyasini toping.
$B=0$
$B=2\cdot\sqrt{2}\mu_0 J/\pi l$
$B=\mu_0 J/2l$
$B=2l\mu_0 J$

№31 Fan bobi-4; Fan bo’limi-18; qiyinlik darajasi – 3

Radiusi 10 sm bo’lgan aylana hsaklidagi konturdan 2 A tok o’tmaoqda. Uning magint momentini (m A $\cdot m^2$)toping.

62,8
6,28
60
31,4

№32 Fan bobi-4; Fan bo'limi-18; qiyinlik darajasi – 3

Tomoni 20 *sm* bo'lgan kvadrat ramka induksiyasi *B* bo'lgan magnit maydonda 16 *ms* ichida 360 gradusga buraladi. Agar o'rtacha induksiya E.Yu.K. 628 *mV* ga teng bo'lsa B ning qiymati qanday ?
10^{-2}
10^{-1}
$2\ 10^{-2}$
$3\ 10^{-2}$

№33 Fan bobi-5; Fan bo'limi-21; qiyinlik darajasi – 2

G'altakdan o'tayotgan magnit oqim $\phi = (3{,}6t - 0.71t^3)\cdot 10^{-2}\, Tl \cdot m^2$ qonun bo'yicha o'zgaradi. Induksiya E.Yu.K. ning *E(t)* vaqitga bog'liqligining ifodasini toping.
$\varepsilon(t) = (3{,}6 - 2{,}13t^2) * 10^{-2}$ V
$\varepsilon(t) = \phi$
$\varepsilon(t) = 3{,}6t$
$\varepsilon(t) = (1 - 2{,}13t^2) * 10^{-2}\, B$

№34 Fan bobi-5; Fan bo'limi-21; qiyinlik darajasi – 2

Elastik xalqaning yuzasi $ds/dt = 6.5\cdot 10^{-2}\, м^2/s$ o'zgarmas tezlik bilan kamayadi. Xalqa $B = 0.42\, Tl$ induksiyali magnit maydonda joylashgan bo'lib xalqa tekisligi bilan induksiya vektori orasidagi burchak 90^0 teng $t = 0$ momenti xalqaning yuzasi $S_0 = 0.285 \quad m^2$ ga teng $t = 2\, s$ momentidagi induksiya E.Yu.K ni aniqlangyu.
$\varepsilon = 0{,}03\ V$
$\varepsilon = 3\ mV$
ε=0,3
$\varepsilon = 30\ мВ$

№35 Fan bobi-4; Fan bo'limi-23; qiyinlik darajasi – 2

280 *Vt* quvvatga mo'ljallangan transformatorning chiqish kuchlanishi 6 V ga teng birinchi chulg'amidagi tok esa 20 *A*. bu qanday transformator: kuchaytiruvchimi, pasaytiruvchimi ? Kuchlanish necha marta o'zgaradi. Transformatorning FIK$=100\%$ ga teng
Pasaytiruvchi, 2, 3
Pasaytiruvchi, 3
Kuchaytiruvchi, 3
Kuchaytiruv-chi, 2, 3

№36 Fan bobi-5; Fan bo'limi-23; qiyinlik darajasi – 2

Elektr uzatish linyasida isrof bo'ladigan P quvat qaysi ifoda bilan aniqlanadi. R liniyadagi similar qarshiligi.
$P = I^2 R$
P=IR
$P = \frac{J^2 R}{U}$
$\rho = \frac{v^2 R}{J^2 U^2}$

№37 Fan bobi-5; Fan bo'limi-23; qiyinlik darajasi – 2

Ma'lum uzunlikdagi o'tkazgich bo'lagining induktivligi maksimal bo'lishi uchun u qanday shakilda bo'lishi kerak.
Yoy
To'g'ri
O'rtasidan 90^0 burchak bo'lguncha burash kerak
Aylana

№38 Fan bobi-5; Fan bo'limi-23; qiyinlik darajasi – 2

Tranformatorninng birinchi cho'lg'amiga 220 V kuchlanish ulangan. 2-cho'lg'amidagi kuchlanish 10 V. Agar 2-cho'lg'amidagi o'ramalar soni 100 ta bo'lsa, 1- cho'lg'amdagi o'ramlar soni nechta?
2200
22000
22
220

№39 Fan bobi-6; Fan bo'limi-22; qiyinlik darajasi – 2

Induktivligi 400 *mG* bo'lgan g'altagda tok 2 *A* ga teng bo'lgan momentda qanday energiya bor?
800 mJ
80 J
8 mJ
8 J

№40 Fan bobi-6; Fan bo'limi-22; qiyinlik darajasi – 2

Radiusi 3 *sm* li xalqaning markazidagi energiyaning zichligini xisoblang. Xalqadan 30 *A* tok oqayotgan.(k J/m^3)
ω=15,7
13
18
12,5

№41 Fan bobi-6; Fan bo'limi-23; qiyinlik darajasi – 1

Qanday (Hz)chastotada induktivligi 20 *mG* bo'lgan g'altakning qarshiligi 40π Ω bo'ladi?
1000
200
70
700

№42 Fan bobi-1; Fan bo'limi-4; qiyinlik darajasi – 2

Uchta bir hil kondensatorlar batareyaga ulangan kondensatorlar ketma-ket ulanganda ularda yig'ilgan energiya ular parallel ulangandagiga nisbatan necha marta kichik.
9
6
3
2

№43 Fan bobi-7; Fan bo'limi-27; qiyinlik darajasi – 2

Elektromagnit to'lqinning tezligi qaysi ifoda bilan aniqlanadi.
$C = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$
$C = \varepsilon_0 \mu_0$
$C = \frac{\varepsilon_0}{\mu_0}$
$C = \frac{\mu_0}{\varepsilon_0}$

№44 Fan bobi-7; Fan bo'limi-27; qiyinlik darajasi – 1

Elektromagnit to'lqinning tarqalish tezligi chastota yoki to'lqin uzunligiga bog'liqmi.
Bog'liq emas
$C = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$
$C = \frac{\lambda}{T}$ $C = \frac{\lambda}{T}$
$C = \lambda \cdot \upsilon$

№45 Fan bobi-2; Fan bo'limi-7; qiyinlik darajasi – 2

Qarshiliklari R_1=10 Ω va R_2=20 Ω bo'lgan ikkita rezitor o'zaro ketma – ket ulangan. Rezistorlardagi kuchlanishlar nisbati U_1/U_2 qanchaga teng.
0.5
1
0.25
2

№46 Fan bobi-1; Fan bo'limi-2; qiyinlik darajasi – 2

Zaryadlangan yakka o'tkazgich sirti yaqinidagi elektr maydon kuchlanganligi E bo'lsa uning ichidagi kuchlanganligi nimaga teng bo'ladi.

0
2E
E
E/2

№47 Fan bobi-5; Fan bo'limi-22; qiyinlik darajasi – 3

Simi ramka bir jinsli magnit maydonda aylantirilganda ramkani kesib o'tuvchi magnit oqimi $\phi = 0{,}1\cos 30t(Vb)$ qonun bo'yicha o'zgaradi. Ramkada xosil bo'ladigan induksiya elektr yurituvchi kuchning maksimal qiymati qanchaga teng bo'ladi.
3 V
30 V
1,5 V
0,3 V

№48 Fan bobi-5; Fan bo'limi-22 qiyinlik darajasi – 2

Induktivligi 100 mG bo'lgan g'altakdagi tok kuchi 2 *s* da 40 *A* ga o'zgarsa g'altakda xosil bo'ladigan o'z induksiya E.Yu.K qanchaga teng bo'ladi.
2 V
5 V
10 V
20 V

№49 Fan bobi-4; Fan bo'limi-19; qiyinlik darajasi – 2

Bir jinsli magnit maydon induktsiya chiziqlariga paralel yo'nalishda uchib kirgan zaryadlangan zarracha qanday traektoriya bo'ylab xarakatlanadi.
To'g'ri chiziq bo'ylab
Aylana bo'ylab
Vintsimontraektoriya bo'ylab
Parabola bo'ylab

№50 Fan bobi-4; Fan bo'limi-17; qiyinlik darajasi – 2

Solenoiddagi magnit oqimi 2 Vb maydon energiyasi 5 J bo'lsa undan o'tayotgan tok kuchi qanchaga teng bo'ladi.
5 A
7 A
3 A
10 A

№51 Fan bobi-1; Fan bo'limi-1; qiyinlik darajasi – 2

Nuqtaviy zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi ..... bo'ladi. Bu Kulon qonunidir.
Shu zaryadlar miqdorini ko'paytmasiga to'g'ri ular orasidagi masofa kvadratiga teskari proportsional.
Zaryadlar orasidagi masofaga proportsional.
Zaryadlar miqdorini ko'paymasiga proportsional.
Zaryadlar miqdoriga teskari, masofaga to'g'ri proportsional .

№52 Fan bobi-1; Fan bo'limi-2; qiyinlik darajasi – 2

Elektr maydoning biror nuqtasidagi kuchlanganligi deb..... fizik kattalikka aytiladi.
Maydonni shu nuqtasiga kiritilgan birlik musbat zaryadga ta’sir etuvchi kuch
Maydoni shu nuqtasiga kiritilgan ixtiyoriy zaryadga ta’sir etuvchi kuch.
Maydoni shu nuqtsaiga kiritilgan birlik manfiy zaryadga ta’sir etuvchi kuch.
Maydoni shu nuqtasidagi zaryadga ta’sir etuvchi kuch.

№53 Fan bobi-1; Fan bo’limi-2; qiyinlik darajasi – 2

Elektrostatik maydoning bir nuqtasidagi potentsiali deb .... ga aytiladi.
Maydonning shu nuqtasiga kiritilgan zaryadga to’g’ri keluvchi potentsial energiyaga.
Maydoning shu nuqtasiga kiritilgan zaryad energiyasiga.
Maydoning shu nuqtasini kuch nuqtasi nazardan harakterlaydigan kattalikka.
Maydonning shu nuqtasi energiyasini harakterlovchi kattalik. Maydonning shu nuqtasi energiyasini harakterlovchi kattalik.

№54 Fan bobi-1; Fan bo’limi-4; qiyinlik darajasi – 2

SI sistemasida R radiusli metal sharning elektr sig’imi qanday
$C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R$
$C = 4\pi\varepsilon R$
$C = 4\pi R$
$C = \frac{R}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}$

№55 Fan bobi-1; Fan bo’limi-3; qiyinlik darajasi – 2

Elektrostatik maydon kuchlanganlik vektori oqimi umumiy ifodasini ko’rsating.
$N_E = \int_s E_n \cdot ds$
$N_E = E \cdot S$
$N_E = \frac{E}{S}$
$N_E = E \cdot l$

№56 Fan bobi-2; Fan bo’limi-10; qiyinlik darajasi – 2

Om qonuning diffretsial ko’rinishini ifodalang.
$\vec{j} = \delta\vec{E}$
$j = \frac{J}{s}$
$J = \frac{U}{R}$
$J = \delta \cdot S$

№57 Fan bobi-2; Fan bo’limi-7; qiyinlik darajasi – 1

Berk zanjir uchun Om qonun ifodasi
$J = \frac{E}{R + r}$
$\vec{j} = \delta\vec{E}$

$J = \frac{E}{r}$
$J = \frac{U}{R}$

№58 Fan bobi-3; Fan bo'limi-14; qiyinlik darajasi – 1

Elektrolitik dissotsiatsiya nima?
Suvda kislota, ishqor va tuzlarni erishi natijasida ularni ionlarga ajralishi;
Suvda kislotoning erishi;
Suvda kislota ishqor va tuzlarni erishi;
Suyuqliklardan elektr tokini o'tishi;

№59 Fan bobi-4; Fan bo'limi-17; qiyinlik darajasi – 1

Magnit maydonida joylashgan tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi amper kuchi nimalarga bog'liq?
O'tayotgan tokka, magnit induktsiyasiga, tok va magnit induktsiya vektori orasidagi burchakka, o'tkazgich shakliga.
Magnit induktsiyasi va o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchiga
Magnit maydonida harakatlanayotgan musbat zaryadga ta'siri.
Magnit maydonida harakatlanayotgan istalgan zaryadga ta'sir.

№60 Fan bobi-4; Fan bo'limi-18; qiyinlik darajasi – 2

Lorents kuchining yo'nalishi qanday aniqlanadi.
Zaryadga ta'sir etuvchi kuch o'ng parma qoidasi bo'yicha parma dastasi tezlik *v* dan B ga tomon burilganda parma uchi kuch F_L ni ko'rsatadi.
Zaryadga ta'sir etuvchi kuch o'ng parma qoidasi bo'yicha parma dastasi B dan *v* yo'nalishida aylanganda parma uchi kuch yo'nalishini ko'rsatadi Zaryadga ta'sir etuvchi kuch o'ng parma qoidasi bo'yicha parma dastasi B dan *v* yo'nalishida aylanganda parma uchi kuch yo'nalishini ko'rsatadi
Zaryadga ta'sir kuchi chap parma qoidasi bo'yicha parma dastasi B dan *v* ga tomon aylanganda parma uchi yo'nalishi kuch yo'nalishini ko'rsatadi
Zaryadga ta'sir kuchi chap parma qoidasi bo'yicha parma dastasi *v* dag B ga tomon aylanganda parma uchi kuch yo'nalishini ko'rsatadi

U M U M I Y

S A V O L L A R

1. ELEKTROSTATIKA

1.1.KULON QONUNI. DIELEKTRIK KIRITUVCHANLIK

1. SI sistemada elektr miqdori qilib nima qabul qilingan?
2. Zaryadlarning o'zaro ta'siri uchun Kulon qonuni qanday?
3. SI sistemada Kulon qonuni muhit uchun qanday ko'rinishda bo'ladi?
4. SI sistemada Kulon qonuni vacuum uchun qanday ko'rinishda bo'ladi?
5. Muhitning nisbiy dielektrik kiriuvchanligi qanchaga teng?
6. Absolyut dielektrik kirituvchanlik qanchaga teng?
7. Elektr doimiysi qilib nima qabul qilingan?
8. SI sistemada elektr doimiysining son qiymati qanday?
9. SI sistemada elektr doimiysi birligi qisqacha qanday belgilanadi?
10. Nisbiy dielektrik kirituvchanlik qaysi birliklarda o'lchanadi?

1.2.ELEKTR MAYDONI

1. Elektr maydoni nima?
2. Nima uchun elektr maydoni–materiyaning alohida formasi deyishadi?
3. q zaryad maydonida q_1 zaryad joylashgan. q_1 zaryadga nima ta'sir qiladi?
4. Fazoning muayyan nuqtasidagi elektr maydonini qanday bilish mumkin?
5. Elektr maydoni qanday tezlik bilan tarqaladi?
6. Bir xil ismli zaryadlar yaqinlashganda maydon energiyasi bilan qanday hodisa ro'y beradi?
7. Har xil ismli zaryadlar yaqinlashganda maydon energiyasi bilan qanday hodisa ro'y beradi?
8. Agar o'tkazgich sirtida static zaryad bo'lsa, o'tkazgich ichida elektr maydoni bo'ladimi?
9. Elektrostatik muhofaza (himoya) nima?

1.3.ELEKTR MAYDONI KUCHLANGANLIGI

1. Kuchlanganlik elektr maydonining qanday harakteistikasi bo'lib hisoblanadi?
2. Elektr maydoni kuchlanganligi nima?
3. SI sistemasida nuqtaviy zaryadning maydon kuchlanganligi formulasi qanday

ko’rinishga ega?

4. SI sistemasida kuchlanganlik birligi qilib nima qabul qilingan?

5. SI sistemasida kuchlanganlik birligiqisqacha qanday belgilanadi?

6. Kuchlanganlik qanday kattalik: vector kattalikmi, skalyar kattalikmi?

7. Ikki zaryad biror nuqtada maydon hosil qiladi. Shu nuqtadagi kuchlanganlikni qanday hisoblash mumkin?

8. O’tkazgichning static zaryadi o’tkazgich ichida hosil qilgan kuchlanganligi qanchaga teng?

9. Nisbiy dielektrik kirituvchanlik to’rt marta ortadi. Agar boshqa barcha sharoitlar o’zgarmasa, kuchlanganlik qanday o’zgaradi?

10. Zaryaddan maydon hosil qilingan nuqtagacha bo’lgan masofa ikki marta kamaytirildi. Bu nuqtadagi kuchlanganlik qanday o’zgaradi?

1.4.ELEKTR KUCH CHIZIQLARI

1. Elektr maydonining kuch chiziqlari deb nimaga aytiladi?

2. Agar zaryadlar elektr maydoni kuchlari ta’sirida ko’chayotgan bo’lsa, zaryadlarning harakat traektoriyasi nima deb ataladi?

3. Maydonning biror nuqtasidagi kuch chiziq yo’nalishi qilib nima qabul qilinadi?

4. Elektr maydoni kuch chiziqlari o’zaro kesishishi mumkinmi?

5. O’tkazgichning static zaryadi o’tkazgich ichida hosil qilgan kuchlanganligi qanchaga teng?

6. Elektr kuch chiziqlari qayerda boshlanib qayerda tugaydi?

7. Kuch chiziqlari ikki zaryad orasidagi fazoda uzilishga egami?

8. Kuch chiziqlariga perpendikulyar joylashgan sirtning birlik yuzidan qancha kuch chiziq o’tkazish qabul qilingan?

9. Maydon kuchlanganligi ortganda kuch chiziqlar quyuqligi qanday o’zgaradi?

10. Qanday elektr maydoni bir jinsli maydon deyiladi?

1.5.POTENTSIAL. POTENTSIALLAR FARQI

1. Maydonning berilgan nuqtasidagi potentsiali deb nimaga aytiladi?

2. Maydonning berilgan nuqtasidagi potentsiali son jihatdan qanchaga teng?

3. Potentsial, vector kattalikmi yoki skalyar kattalikmi?

4. SI sistemada nuqtaviy zaryad maydoni potentsiali formulasining o'ng tomoni qanday ko'rinishda bo'ladi?

5. Zaryadlangan o'tkazgich ichidagi potentsial qanchaga teng?

6. Potentsialning (+ yoki –) ishorasi qanday aniqlanadi?

7. Maydonning ikki nuqtasidagi potentsiallar farqi nima bilan aniqlanadi?

8. Zaryad elektr maydonida ko'chganda bajarilgan ishni hisoblash formulasini (o'ng tomonini) ko'rsating.

9. Kuchlanish birligi qilib nima qabul qilinadi? Ta'rifini ko'rsating.

10. Potentsiallar farqi birligi qisqacha qanday belgilanadi?

1.6.ELEKTR MAYDONIDA ZARYADLARNING KO'CHISHI

1. Qanday sharoitda o'tkazgichdagi zaryadlar elektr maydoni kuchlari ta'sirida ko'chishi mumkin?

2. Qanday sirtlar ekvipotentsial sirtlar deyiladi?

3. Zaryadlari muvozanatda bo'lgan har qanday o'tkazgich sirti ekvipotentsial sirt bo'lishini qanday isbot qilish mumkin?

4. Musbat zaryad maydon ta'sirida ko'chganda uning potentsiali qanday o'zgaradi?

5. Nima sababdan Yer potentsialini shartli ravishda nol potentsial deb qabul qilingan?

6. Zaryad ko'chirishda elektr maydoni bajaradiganqanchaga teng?

7. Elektr zaryadini elektr maydonida berk kontur bo'yicha ko'chirishda bajarilgan ish qanchaga teng?

8. Elektr maydoni kuchlarining zaryad ko'chirishda bajargan ishi zaryad harakatlanayotgan yo'l shakliga qanday bog'liq?

9. Potentsiallar farqi va kuchlanganlik orasida qanday bog'lanish bor? Formulasini ko'rsating.

10. SI sistemada elektr maydon kuchlanganligi birligi qisqacha qanday belgilanadi?

1.7.ELEKTR MAYDONIDAGI O'TKAZGICHLAR VA DIELEKTRIKLAR

1. Elektrostatik induktsiya hodisa nima?

2. Nima uchun elektrostatik induktsiya vaqtida o’tkazgich ichidagi elektr maydoni nolga teng bo’ladi?

3. Qanday sharoitda elektrostatik induktsiya vaqtida o’tkazgichda zaryadlar harakati to’xtaydi?

4. Elektr dipol deb nimaga aytiladi?

5. Tashqi maydon bo’lmaganda dielektrikda dipollar qanday joylashadi?

6. Dielektrikning qutblanishi nima?

7. Qutblangan dielektrik ichidagi elektr maydoni kattaligi haqida nima deyish mumkin?

8. Dielektrikning teshilishi qanday sodir bo’ladi?

9. Nima uchun ikki zaryadni bir–biridan dielektrik bilan ajratilganda ular orasidagi o’zaro ta’sir kuchi kamayadi?

10. Muhitning nisbiy dielektrik kirituvchaligi nimani ko’rsatadi?

1.8.ELEKTR SIG’IMI. ELEKTR SIG’IMINING BIRLIGI

1. Elektr sig’imi deb nimaga aytiladi?

2. Umumiy ko’rinishdagi elektr sig’imi formulasini ko’rsating.

3. O’tkazgichning elektr sig’imi nimaga bog’liq va nimaga bog’liq emas (o’rab turgan muhitni hisobga olmaganda)?

4. SI sistemada sharning elektr sig’imi formulasi qanday ko’rinishda bo’ladi?

5. SI sistemada elektr sig’imi birligi qilb nima qabul qilingan?

6. Mikrofaradani faradalarda ifodalang.

7. Pikofaradani faradalarda ifodalang.

8. 1 F sig’imli metall sharning radiusi qancha?

9. 1 mkF sig’imli metall sharning radiusi qancha?

10. 1 pkF sig’imli metall sharning radiusi qancha?

1.9.KONDENSATOR. KONDENSATORLAR BATAREYASI

1. O’tkazgich sig’imi nimaga bog’liq?

2. O’tkazgichning elektr sig’imioga uning massasi va moddaning turi ta’sir qiladimi?

3. Agar o’tkazgichga boshqa o’tkazgichni yaqinlashtirsa, uning elektr sig’imi qanday bo’ladi?

4. Kondensator deb nimaga aytiladi?

5. Kondensator qoplamlari kattaligi va ishorasi qanday bo’lgan zaryadlarga ega?

6. SI sistemada yassi kondensator formulasi qanday ko’rinishda bo’ladi?

7. Har xil sig’imli kondensatorlar ketma–ket ulangan batareya sig’imini hisoblash formulasini ko’rsating.

8. Har xil sig’imli kondensatorlar parallel ulangan batareya sig’imini hisoblash formulasini ko’rsating.

9. Ko’p koplamali yassi kondensator sig’imi formulasini (SI da) ko’rsating.

10. Zaryadlangan kondensator energiyasini hisoblash formulasi qanday?