

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

TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

«FIZIKA VA ELEKTROTEXNIKA» KAFEDRASI

ELEKTR VA MAGNETIZM

(FIZIKADAN LABORATORIYA ISHLARI TO'PLAMI)

Toshkent - 2006 yil

Mualliflar: **Mirkamilov D.M., Qosimjonov M.O., Ernazarov SH.N.
Rizaev X.A.**

Ushbu uslubiy qo'llanmada umumiy fizika kursining elektr va magnetizm qismi bo'yicha bajarilishi lozim bo'lgan laboratoriya ishlari berilgan. Qo'llanmada 9 ta laboratoriya ishining tavsifi bayon etilgan. Har bir laboratoriya ishi bo'yicha nazariy qism, ishning mohiyati, ishni bajarish tartibi, elektr sxemalari va aniqlanishi lozim bo'ladigan fizik kattalikni hisoblash ifodalari keltirilgan.

Mazkur qo'llanma oliy texnika o'quv yurtlari, shu jumladan kimyo-texnologiya yo'nalishi bo'yicha ta'lim oluvchi bakalavrlar uchun mo'ljallangan.

Taqrizchi: **Toshkent Davlat Texnika Universiteti
professori f-m.f.d. Risboev A.S.**

«Fizika» kafedrasining majlisida chop etishga tavsiya qilingan (4-sonli bayonnoma, 12.10.2005 yil). Institut o'quv-uslubiy kengashi majlisida (1-sonli bayonnoma, 20.10. 2005 yil) tasdiqlangan.

ELEKTR O'LCHOV ASBOBLARINING ISHLASHI BILAN TANISHISH

Kafedraning «Elektr va magnetizm» laboratoriyasi xonasi kerakli bo'lgan zamonaviy elektr o'lchov asboblari bilan ta'minlangan. Bundan maqsad mavjud bo'lgan elektr asboblarining tuzilishi va ishlash printsipi bilan tanishtirishdan iborat.

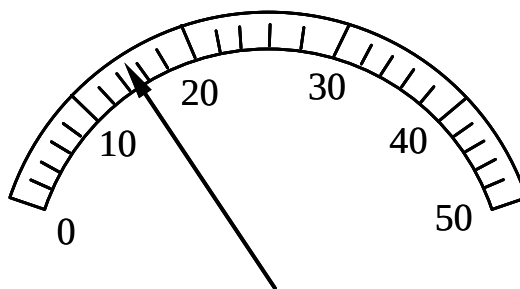
Avvalo, soddaroq ko'rinishdagi elektr o'lchov asboblarining tuzilishi va ishlash printsipi bilan tanishib o'taylik. Elektr o'lchov asboblari qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas qismlardan iborat bo'ladi. O'lchash vaqtida asbobdan tok o'tishi natijasida qo'zg'aluvchan qismida vujudga keladigan aylantiruvchi moment prujinaning teskari ta'sir qiluvchi momenti bilan tenglashadi. Bunday tenglashish paytida asbobning strelkasi ma'lum burchakka og'adi.

O'lchanayotgan kattalikning bir birlik qiymatiga to'g'ri keladigan strelkaning og'ish burchagiga son jihatdan teng bo'lgan kattalik asbobning sezgirligi S deyiladi.

$$S = \frac{d\alpha}{dx} \quad (1)$$

Sezgirlikning o'lchamligi o'lchanayotgan kattalik xarakteriga bog'liq (masalan, asbobning tok bo'yicha yoki kuchlanish bo'yicha sezgirligi va h.k.). Asbobning sezgirligiga teskari bo'lgan kattalik, uning bo'lim qiymati $K = \frac{1}{S}$ deyiladi. Bo'lim qiymati asbob strelkasining bir bo'limiga og'ishi o'lchanayotgan kattalikning qanday qiymati to'g'ri kelishini ifodalaydi. Masalan, 0-250 B gacha kuchlanishni o'lchovchi asbob berilgan bo'lsin (1-rasm).

Bu asbobning shkalasi 50 ga bo'lingan deylik. U holda sezgirlik $S = \frac{50}{250} = 0,2 \frac{\text{bo'lim}}{B}$ bo'lsa, bo'lim qiymati $S = \frac{50}{250} = 0,2 \frac{\text{bo'lim}}{B}$ bo'ladi.

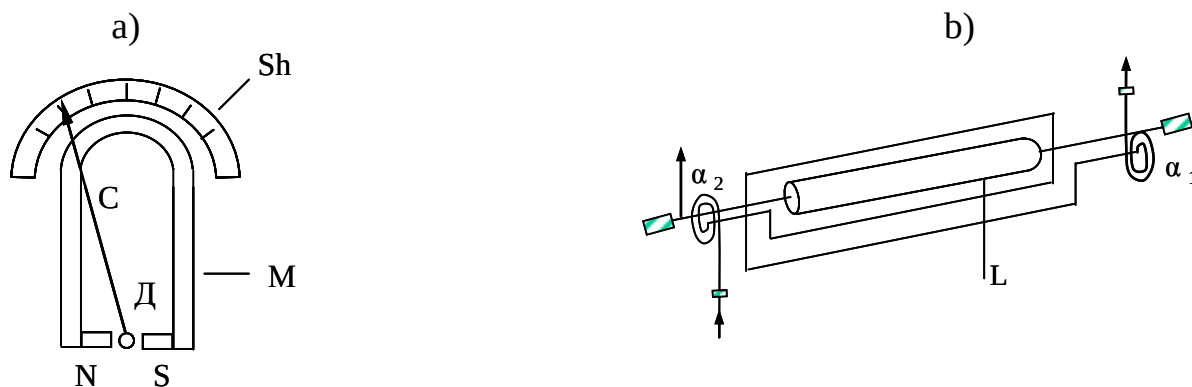


1-rasm

Umuman tok va kuchlanishni o'lchovchi oddiy elektr asboblarni magnitoelektrik, elektromagnitik va boshqa turdagi o'lchagich sistemalariga asoslanib ishlaydigan guruhlariga bo'lish mumkin.

1. Magnitoelektrik sistema

Magnitoelektrik sistemadagi elektr o'lchov asboblarning ishlashi qo'zg'almas magnitning magnit maydoni bilan qo'zg'aluvchan ramka cho'lg'amidan o'tuvchi elektr tokining o'zaro ta'siriga asoslangan. Bu sistemadagi elektr o'lchov asboblari o'zgarmas tok zanjirlarida tok va kuchlanishni o'lchash uchun qo'llaniladi. Quyidagi 2a-rasmda asbobning umumiy ko'rinishi, 2b-rasmda esa ichki tuzilishi tasvirlangan. Qo'zg'almas U simon magnit (M), N va S qutblarga ega bo'lib, uning qutblari o'rtasida temir silindr bilan bir o'qda izolyatsiyalangan ingichka sim o'ralgan to'g'ri burchakli qo'zg'aluvchan ramka L joylashgan (2b-rasm). Bu ramka silindr bilan magnit qutblari orasidagi bo'shliqda erkin harakatlanadi. Ramka qo'zg'aluvchan sistemaning asosiy qismini tashkil etib, strelka (C) ni o'z ichiga oladi. Qo'zg'aluvchan bu sistemani ma'lum vaziyatda ikkita spiral prujina α_1 va α_2 tutib turadi.

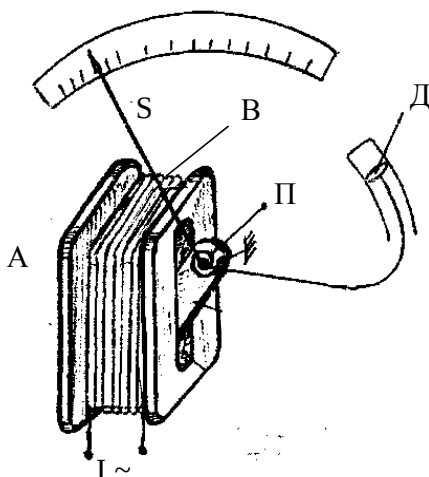


2-rasm

O'lchanayotgan tok g'altakka prujinalar va yarim o'q orqali beriladi. Bu prujinalar ramkaning aylanishiga qarshi ta'sir ko'rsatadi. Magnitning magnit maydoni bilan ramkadan o'tuvchi tokning ta'sirlanishi tufayli aylantiruvchi moment vujudga keladi. Uning ta'sirida asbobning qo'zg'aluvchan qismi o'q atrofida aylanadi va prujinalar o'rala boshlaydi. Natijada prujinada elastik kuchi vujudga kelib, qarama-qarshi ta'sir momentini yuzaga keltiradi. Ma'lum vaqtdan so'ng aylantiruvchi moment bilan aks ta'sir etuvchi moment tenglashadi va muvozanat barqaror topadi. Asbob srelkasi «Sh» shkalaning biror qiymatini ko'rsatib to'xtaydi. Strelkaning og'ish burchagi ramkadan o'tayotgan tokka to'g'ri proporsional $\alpha \approx I$. Bu bog'lanishdan ko'rinadiki, magnitoelektrik sistemadagi asboblarning bo'limlari bir-biriga teng bo'lgan shkalaga ega. Magnitoelektrik sistemasiga asoslanib tayyorlangan elektr asboblari o'zgaruvchan tokni o'lchashga yaroqsizdir.

2. Elektromagnit sistema

Elektromagnit sistemadagi asbobning ishlash printsipi qo'zg'aluvchan temir o'zagi bilan g'altakdan o'tayotgan tok magnit maydonining o'zaro ta'siriga asoslangan. Elektromagnit sistemadagi asbobning tuzilishi 3-rasmda berilgan. Qurilma qisqa qirqimli A g'altak, yumshoq temirdan tayyorlangan B o'zak hamda bu o'zakka prujina orqali mahkamlangan S strelka va Π tinchlantirgichdan iborat. A g'altakdan tok o'tishi natijasida magnit maydon vujudga keladi. Natijada temir o'zak magnitlanadi va o'z o'qi atrofida burilib, g'altak tirqishi ichiga tortiladi. Shu paytda prujina o'rala boshlaydi va S strelka shkala bo'ylab harakatga keladi. Tinchlantirgich D silindr ichida harakatga kelib, S strelkani to'xtatadi. Tok yo'nalishining o'zgarishi o'zakni qayta magnitlanishiga olib keladi, unga ta'sir etuvchi tortish kuchi o'zakni g'altak ichida tutib turaveradi. Bu esa elektromagnit sistemasidagi asboblarning o'zgaruvchan tokni yoki kuchlanishni o'lchash imkoniyatini beradi.



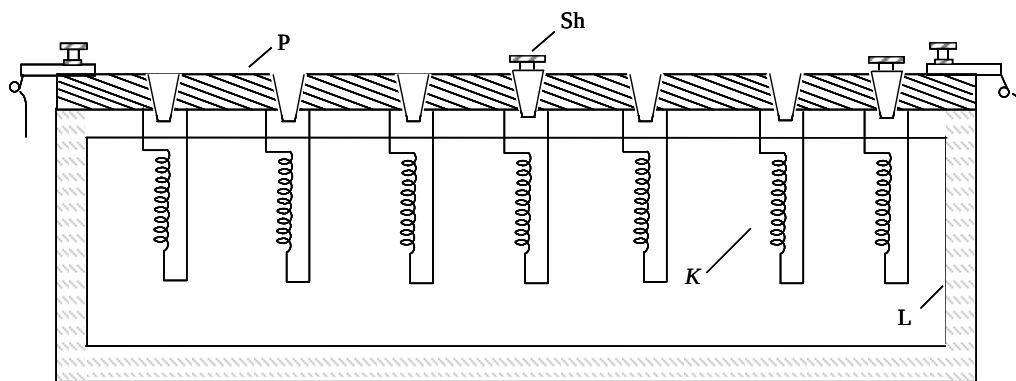
3-rasm

Tok kuchining ortishi bilan g'altak tirqishidagi maydon induktsiyasi hamda temir o'zakning magnitlanishi ortadi. Elektromagnit sistemasidagi asboblarning ko'rsatkichlarining og'ish burchagi $\alpha \sim I^2$. Shu jihatdan ham, bunday o'lchov asboblari shkalasidagi bo'limlar bir-biriga teng emas. Shu bilan birga o'lchov asboblari 2,5 kV deb qo'yilgan belgi ham mavjud, bu esa shu asbobning izolyatsiyasi 2,5 kV ga bardosh bera olishini ko'rsatadi.

3. Qarshiliklar magazini, reostat va potentsiometrlar

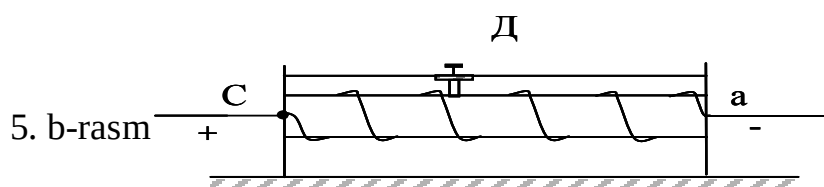
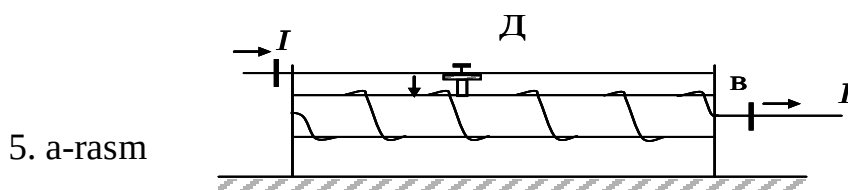
Sim o'ralgan g'altak qarshiligini o'zida mujassamlantirgan etalon qarshiliklar to'plamiga qarshiliklar magazini deyiladi. 4-rasmda tasvirlangan qarshiliklar magazini L quticha, Sh-metall ponachalar, P-qarshiligi juda kichik bo'lgan qalin miss plastinkalar, K-g'altaklar. Qutining qopqog'idagi bir qator plastinkalar bir-birlari bilan Sh metall ponachalar yordamida qutichadagi g'altak o'ramlarining uchlari plastinkalar bilan ulangan.

Agar asbob zanjirga chetki klemmalari bilan ulangan va plastinkalar orasidagi metall ponachalar olingan bo'lsa, tok birin-ketin hamma g'altaklardan o'tadi. Plastinkalar orasiga metall ponachalar qo'yilgan bo'lsa, tokning ko'p qismi qalin miss plastinkalar va shtirlardan o'tib, tokning hisobga olmasa ham bo'ladigan qismigina g'altaklardan o'tadi. Demak, metall ponachalar plastinkalarni o'zaro ular ekan, lekin qarshiliklar magazinining qarshiligi hisobga olinmaydi. Agar metall ponachalardan bitta yoki ikkitasi olib qo'yilsa, shularga mos kelgan g'altaklarning qarshiligi e'tiborga olinadi.



4-rasm

Zanjirdagi tok kuchini o'zgartirish uchun reostat deb nom olgan qurilma qo'llaniladi. Qanday maqsadlarda qo'llanishiga qarab ularning turlari ko'p. Hozirgi vaqtda ustki qismida qo'zg'aluvchan kontakti bo'lgan reostatlar ko'p qo'llanilmoqda. Bu reostatlar chinni karkasdan iborat bo'lib, ustiga solishtirma qarshiligi juda katta bo'lgan metall sim o'ralgan. Sim usti qo'zg'aluvchan kontakt (D) siljib yuradi (5a-rasm). Reostat D qo'zg'aluvchan kontaktga tutashtirilgan «a» klemmasi hamda «B» klemma orqali tok zanjiriga ulanadi. Agar reostatning «a» va «S» klemmalari tok manbaiga ulangan bo'lsa, u potentsiometr deyiladi (5b-rasm).



1 - LABORATORIYA ISHI

ELEKTROSTATIK MAYDONNI O'RGANISH

Ishdan maqsad: Ma'lum shakldagi elektrod o'tkazgich atrofida hosil bo'ladigan elektr maydon tabiatini o'rganish.

Kerakli asbob va buyumlar: Suv solingan vanna, turli shakldagi elektrodlar, potentsiometr, o'zgarmas tok manbai, voltmeter, galvanometr.

NAZARIY QISM

Har qanday elektr zaryad o'z atrofida elektr maydoni hosil qiladi. Agar zaryad tinch holatda bo'lsa uning hosil qilgan maydoni elektrostatik maydon deyiladi. Bu maydon vositasida zaryadlar o'zaro ta'sirlashadi. Zaryadlarning o'zaro ta'sirlashish kuchini Kulon qonuni asosida aniqlash mumkin. Kulon qonuni quyidagicha ta'riflanadi: "Vakuumda joylashgan ikkita nuqtaviy q_0 va q zaryadning o'zaro ta'sir kuchi har bir zaryad kattaligiga to'g'ri mutanosib, ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari mutanosib bo'lib, uning yo'nalishi zaryadlarni birlashtiruvchi to'g'ri chiziq bilan ustma-ust tushadi".

Halqaro birliklar sistemasi (SI) da Kulon qonuni quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0 q}{r^2} \quad (1)$$

bu yerda r - zaryadlar orasidagi masofa, q_0 va q -mos ravishda birinchi va ikkinchi nuqtaviy zaryadlarning miqdorlari, ϵ_0 elektr doimiysi bo'lib, uning qiymati $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m ga teng. (1) ning vektor ko'rinishdagi ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0 q}{r^2} \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|} \quad (1')$$

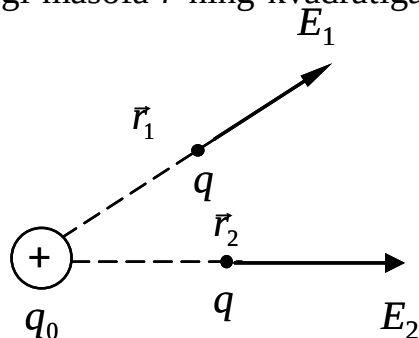
Elektrostatik maydonning ta'sir darajasini xarakterlash uchun maydon kuchlanganligi va maydon potentsiali deb nomlangan fizik kattaliklardan foydalaniladi. Jumladan, elektrostatik maydon kuchlanganligi shu maydonning biror nuqtasiga kiritilgan birlik musbat zaryadga ta'sir qiluvchi kuch miqdori bilan o'lchanuvchi kattalikdir, ya'ni

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (2)$$

Kuchlanganlik vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi maydonning har bir nuqtasida shu nuqtaga joylashtirilgan musbat sinov zaryadi q ga ta'sir qilayotgan kuch yo'nalishiga mos keladi. (1) formuladan kuch qiymatini (2) ifodaga qo'yib, nuqtaviy q_0 zaryad maydonining shu zaryaddan r_1 va r_2 uzoqlikdagi nuqtalarda hosil qilgan maydon kuchlanganligini aniqlaymiz (1-rasm). Har bir nuqta uchun maydon kuchlanganligi mos ravishda

$$\vec{E}_1 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_1^2} \frac{\vec{r}_1}{|\vec{r}_1|}; \quad \vec{E}_2 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_2^2} \frac{\vec{r}_2}{|\vec{r}_2|}; \quad (3)$$

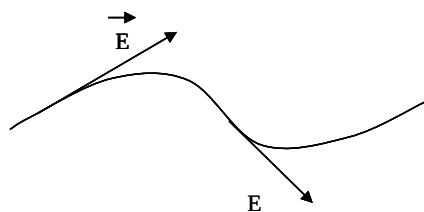
bo'ladi. Shunday qilib, nuqtaviy q_0 zaryad hosil qilgan elektrostatik maydonning muayyan nuqtadagi kuchlanganligi shu zaryad miqdoriga to'g'ri proporsional, bu nuqta bilan zaryad orasidagi masofa r ning kvadratiga teskari proporsional bo'lar ekan.



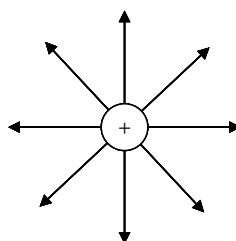
1-rasm

Elektrostatik maydonni har bir nuqta uchun vektorning kattaligi va yo'nalishini ko'rsatish bilan belgilash mumkin.

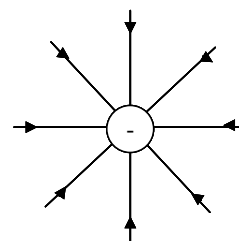
Elektrostatik maydonni grafik usul bilan kuchlanganlik chiziqlari yordamida tasvirlash alohida o'rin tutadi. Elektrostatik maydonning kuchlanganlik chiziqlari shunday tanlanadiki, ularning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma maydonning shu nuqtadagi kuchlanganlik vektori bilan ustma-ust tushadigan chiziqlar turkumiga mos kelsin (2a-rasm). Kuchlanganlik vektori yo'nalishi musbat zaryaddan chiqadi, manfiy zaryadga tushadi, deb qabul qilingan. Misol tariqasida (2b-rasm) musbat ishorali, (2d-rasm) manfiy ishorali nuqtaviy kuchlanganlik chiziqlari tasvirlangan.



a)



b)

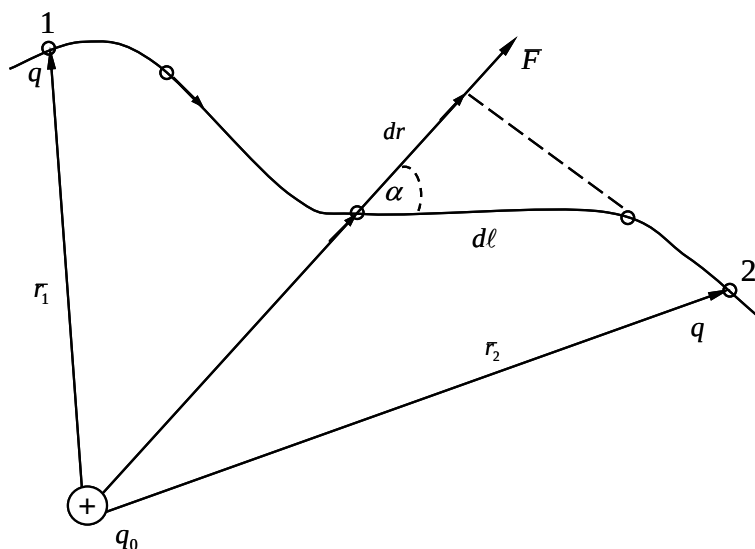


d)

2-rasm

Elektrostatik maydonning ikkinchi asosiy xarakteristikasi maydon potentsialidir. Biror nuqtaviy q_0 zaryad hosil qilgan maydonning ixtiyoriy nuqtasiga ikkinchi q zaryad kiritilgan bo'lsin. Tabiiyki, bu zaryadga asosiy q_0 zaryadning maydoni vositasida biror $\vec{F}$ kuch ta'sir qiladi. Shu kuch ta'sirida q zaryad maydonning dastlabki bir nuqtasidan biror traektoriya bo'ylab ikkinchi nuqtasiga ko'chishi mumkin. Bunda ma'lum miqdorda A ish bajariladi. Bu ishning kattaligini aniqlash maqsadida q zaryadning ko'chish traektoriyasini bo'lakchalarga bo'lamiz. Uzunligi $d\ell$ ga teng bo'lgan har bir elementar yo'lda bajarilgan ishni quyidagicha aniqlaymiz (3-rasm).

$$dA = F d\ell \cos \alpha = F dr \quad (4)$$



3-rasm

Ko'chuvchi zaryadning dastlabki 1-holatini r_1 -radius vektor bilan, so'ngi 2-holatini r_2 -radius vektor bilan belgilab, q zaryadning 1-holatdan 2-holatga o'tishidagi umumiy bajarilgan ish miqdorini aniqlaymiz. Buning uchun Kulon qonuni formulasidan foydalanib (4) ifodani r_1 va r_2 interval oralig'ida integrallaymiz:

$$A_{12} = \int_1^2 dA = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r_1} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r_2} \quad (5)$$

Bu ifodani olishda q_0 zaryadni qo'zg'almas deb hisoblanadi. (5) ifodadan ko'rinadiki, bajarilgan ish q zaryadning maydonda bosib o'tgan yo'lga bog'liq bo'lmay, faqat uning boshlang'ich va oxirgi holatlari (r_1 va r_2) ga bog'liq ekan.

Agar bajarilgan ish o'tilgan yo'l shakliga emas, balki bu zaryadning boshlang'ich va oxirgi vaziyatiga bog'liq bo'lsa, bunday maydon potentsial maydon deyiladi. Demak qo'zg'almas q_0 zaryad hosil qilgan elektrostatik maydon potentsial maydon ekan. Bu maydonda q zaryadga ta'sir qiluvchi kuchlar potentsial kuchlar deyiladi.

Potentsial maydonda joylashgan q zaryad turli 1 va 2 nuqtalarda W_1 va W_2 potentsial energiyaga ega bo'ladi. Demak, maydon kuchlari q zaryadning boshlang'ich 1 va oxirgi 2 vaziyatidagi potentsial energiya miqdorining kamayishi hisobiga ish bajaradi:

$$A_{12} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r_1} - \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r_2} = W_1 - W_2 \quad (6)$$

Bu yerda W_1 va W_2 mos ravishda q zaryadning maydonning 1-va 2-nuqtalaridagi potentsial energiyasidir:

$$W_1 = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r_1}, \quad W_2 = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 r_2} \quad (7)$$

q zaryad potentsial energiyasining shu q zaryad miqdoriga nisbati asosiy zaryad maydonning muayyan nuqtasi uchun o'zgarmas kattalik bo'lib, maydonning shu nuqtasining potentsiali deb ataladi (bu kattalik ϕ harfi bilan belgilanadi), ya'ni:

$$\varphi = \frac{W}{q} \quad (8)$$

Bu formuladan potentsial son jihatdan birlik musbat zaryadning maydondagi muayyan nuqtada potentsial energiyasiga teng ekanligi ko'rinadi. Demak maydonning 1 va 2 nuqtalarining potentsiali mos ravishda

$$\varphi_1 = \frac{W_1}{q} \quad \text{yoki} \quad \varphi_1 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_1}, \quad \text{va} \quad \varphi_2 = \frac{W_2}{q} \quad \text{yoki} \quad \varphi_2 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_2} \quad (9)$$

ko'rinishga ega bo'ladi. (9) ifoda asosida q zaryadni maydonning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko'chirishda bajariladigan ish

$$A_{1,2} = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (10)$$

formula bilan aniqlanadi. Xuddi shu zaryadni maydonning biror nuqtasidan cheksizlikka ko'chirishda bajariladigan ish esa

$$A_{1,\infty} = q \varphi_1 \quad (11)$$

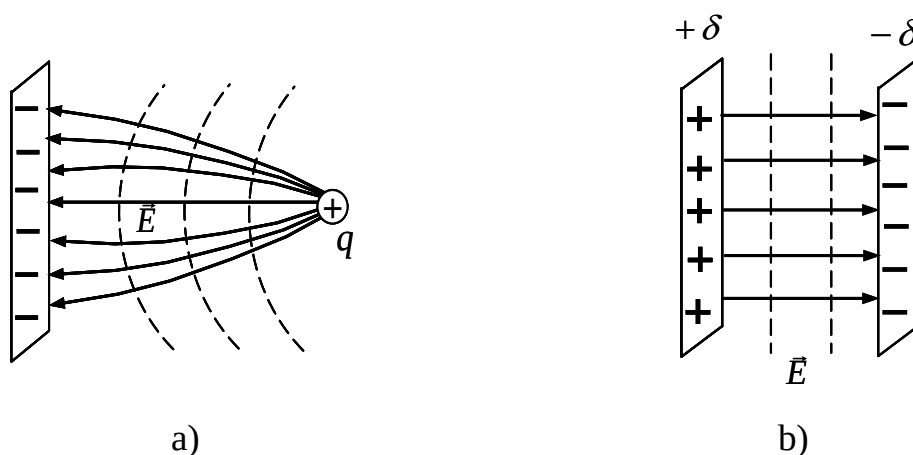
bo'ladi, chunki (9) ifodaga ko'ra $r_2 \rightarrow \infty$ da $\varphi_2 = 0$ (11) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\varphi_1 = A_{\infty} / q \quad (12)$$

Bundan potentsial son jihatdan maydon kuchlarining birlik musbat zaryadni muayyan nuqtadan cheksizlikka ko'chirishda bajargan ishiga teng, degan xulosa kelib chiqadi. SI sistemasida potentsial va potentsiallar ayirmasi birligi sifatida Volt qabul qilingan. Qiymati bo'yicha 1 Volt shunday nuqtaning potentsialiga tengki, 1 Kulon zaryadni cheksizlikdan shu nuqtaga ko'chirish uchun 1 Joul ish bajarish kerak: $1\text{J} = 1\text{Kl} \cdot 1\text{V}$ bundan $1\text{V} = 1\text{J} / 1\text{Kl}$

Potentsiallari teng bo'lgan nuqtalarning ham maydonning xususiyatini o'rganishdagi ahamiyati kattadir. Bunday nuqtalarning majmuasi ekvipotentsial sirtni tashkil qiladi. Ekvipotentsial sirt bo'ylab q zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish (10) ifodaga asosan nolga tengdir, chunki $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$. U xolda (4) formulaga asosan trayektoriyaning dl qismida bajarilgan ish $F dl \cos\alpha$ ham nolga teng bo'ladi. Ammo $F \neq 0$ va $dl \neq 0$ bo'lganligi sababli, faqat $\cos\alpha = 0$ bo'lgandagina bu shart bajariladi. Demak, $\alpha = 90^\circ$ ga teng bo'lishi kerak ekan. Bu kuchlanganlik chiziqlari ekvipotentsial sirtga hamma vaqt perpendikulyar yo'nalgan ekanligini bildiradi.

4a-rasmda manfiy zaryadlangan R tekislik va musbat zaryadlangan q nuqtaviy zaryad orasida vujudga kelgan elektr maydon, 4b-rasmda esa qarama-qarshi ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan, teng yuzali va o'zaro parallel ikkita yassi plastinka orasida vujudga kelgan elektrostatik maydon kuch chiziqlari tasvirlangan. Bu rasmlarda punktir chiziqlar orqali ekvipotentsial sirtlarning tasviri ham berilgan.



4-rasm

Shunday qilib, elektrostatik maydonning har bir nuqtasini maydon kuchlanganligi hamda maydon potentsiali orqali ifodalash mumkin ekan. Endi bu kattaliklar orasidagi o'zaro bog'lanishni ko'raylik. Buning uchun maydonning kuch chizig'i yo'nalishida q zaryadni bir ekvipotentsial sirtidan ikkinchi ekvipotentsial sirtga ko'chiramiz. Ekvipotentsial sirtlar orasidagi potentsiallar farqi $\Delta \varphi$ ga, ular orasidagi eng qisqa masofa esa Δx ga teng bo'lsin. U holda maydon kuchlanganligi E ni Δx masofada o'zgarish deb hisoblab, q zaryadning shu masofaga ko'chishida bajarilgan ishni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\Delta A = qE\Delta x = \Delta W \quad (13)$$

Ikkinchi tomondan, ishni zaryadning potentsial energiyasi kamayishi orqali ham ifodalash mumkin:

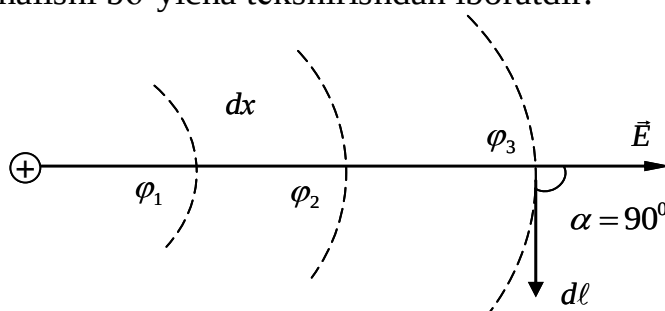
$$\Delta A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = q\Delta\varphi \quad (13')$$

Bu ifodalarni o'zaro tenglashtirib quyidagi tenglikka ega bo'lamiz;

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta x} \quad (14)$$

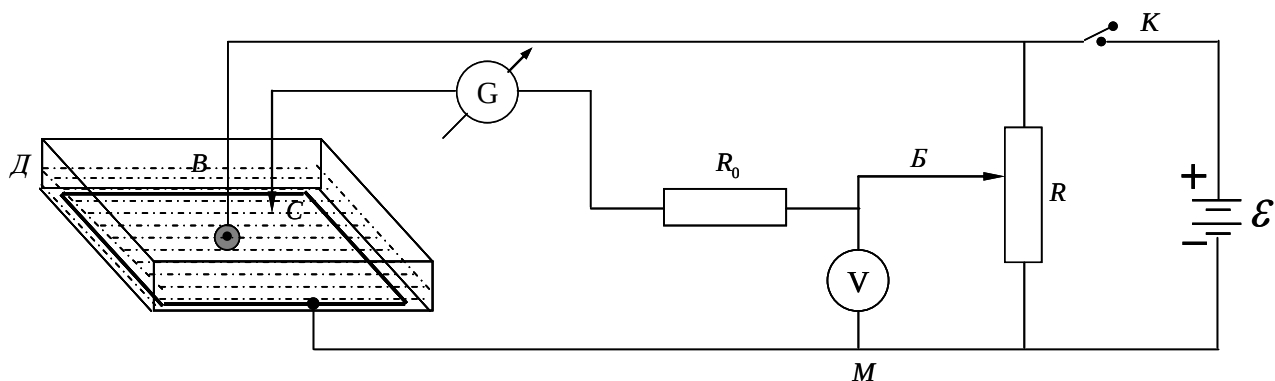
Demak, elektr maydon kuchlanganligi miqdoriy jihatdan maydon kuch chizig'i yo'nalishida olingan uzunlik birligiga to'g'ri keladigan potentsiallar ayirmasiga teng ekan (5-rasm). Manfiy ishora elektr maydon kuchlanganligi vektori E potentsialning kamayishi tomoniga yo'nalganligini bildiradi. (14) formulaga asosan maydon kuchlanganligining birligi V/m bo'ladi.

Ushbu laboratoriya ishini bajarishdan maqsad turli shakldagi zaryadlangan metall jismlar-elektrodlar hosil qilgan elektrostatik maydonning potentsiallari φ_1 , φ_2 , φ_3 , ... ga teng bo'lgan ekvipotentsial sirtlarni (5-rasm) aniqlash, shuningdek ekvipotentsial sirtlarga tik yo'nalgan maydon kuchlanganligi E ni ham miqdoriy jihatdan ham yo'nalishi bo'yicha tekshirishdan iboratdir.



5-rasm

Bu ishni bajarish uchun 6-rasmda ko'rsatilgan elektr sxema yig'iladi. Bu yerda suv solingan vanna, B va D-elektrodlar, C-zond, G-galvanometr, R-potentsiometr, B-voltmetr, R_0 -qo'shimcha qarshilik, $\mathcal{E}$ -o'zgarmas tok manbai. K-kalit ulanganda B va D elektrodlar orasida elektr maydon hosil bo'ladi. B elektrodga yaqin nuqtalarda kuchlanganlik chiziqlari zichligi katta, maydon potentsiali ham katta qiymatga ega bo'lib, D elektrodga yaqinlashgan sari u kamayib boradi. C zond potentsiometrning B qo'zg'aluvchan kontaktiga ulangan. Bu potentsiometrning BM qismidagi kuchlanish voltmetr yordamida o'lchanadi. Uning qiymatini B kontakti siljitish orqali o'zgartirish mumkin.



6-rasm

Ishni bajarish tartibi

1. Vannaga B va D elektrodni o'rnatib 0,2÷0,5 sm qalinlikda suv quyiladi.
2. Qo'zg'aluvchan kontakt B ni siljitib V voltmetrda 5 V li kuchlanish hosil qilinadi.
3. Zond yordamida B elektrod atrofida potentsiali 5 V ga teng bo'lgan nuqtalar qidiriladi. (Topilgan nuqtalar orasidagi masofa 1 sm dan ortmasligi kerak). Kontakt egallagan B nuqta bilan C zond ko'rsatgan nuqtalarning potentsiallari teng bo'lganligi sababli shu nuqtalarda galvanometrning ko'rsatishi nolga mos keladi, yani galvanomtrdan o'tayotgan tok nolga teng bo'ladi ($I_G = 0$). Qayd qilingan nuqtalarning X, Y o'qlariga nisbatan koordinata qiymatlari yozib olinadi. Bu nuqtalarni ixtiyoriy masshtabda millimetrli qog'ozga tushirib, so'ng ularni bir-biri bilan tutashtirilsa potentsial qiymati 5V ga teng bo'lgan ekvipotentsial sirt chizig'i hosil bo'ladi.
4. B kontakti siljitib voltmetrda 3 V, so'ngra 2 V kuchlanish hosil qilinadi. C zondni siljitib bu kuchlanishlarga mos keluvchi ekvipotentsial sirtlarning chiziqlari aniqlanadi, ya'ni 2 va 3 bandlarda bajarilgan ishlar takrorlanadi.
5. B elektrod o'rniga boshqa shakldagi elektrod o'rnatilib tajriba (1,2,3,4 punktlar) takrorlanadi. Topilgan har bir ekvipotentsial chiziq nuqtalarining koordinatlari quyidagi jadvalga yoziladi.
6. Potentsialning kamayishiga qarab maydon kuchlanganligining yo'nalishi, hamda (14) formula asosida kuchlanganlik qiymati aniqlanadi.

1-jadval

Elektrodning shakli		1-chorak		2- chorak		3- chorak		4- chorak	
		x	y	$-x$	y	$-x$	$-y$	x	$-y$
									

Nazorat savollari

1. Elektr maydonni xarakterlovchi fizik kattaliklarni ayting va ularning o'lchamini ko'rsating.
2. Nuqtaviy zaryadlar uchun kuchlanganlik va potentsial ifodasini yozing.
3. Elektr maydon kuchlanganligi va potentsiali o'zaro qanday bog'langan.
4. Kuch chiziqlari hamda ekvipotentsial chiziqlar mazmunini tushuntiring.
5. Elektrosatik maydon kuch chiziqlarining ekvipotentsial sirtlarga perpendikulyar ekanligining sababi nimada.
6. Ekvipotentsial chiziqlar elektrodning shakliga bog'liq bo'ladimi, agar bog'liq bo'lsa uning sababini tushuntiring.
7. Potentsial maydon deganda nimani tushunasiz?

Adabiyot

1. Nazarov O'.Q. «Umumiy fizika kursi» 2-qism (Elektr va elektromagnetizm) Toshkent, «O'zbekiston», 2002 yil.
2. Safarov A.S. «Umumiy fizika kursi» (Elektromagnetizm va to'lqinlar), Toshkent, «O'qituvchi», 1992 yil.
3. M.Ismoilov, P.Xabibullayev, M.Xaliulin «Fizika kursi» «O'zbekiston», Toshkent, 2000 yil.
4. Haydarova M.Sh., Nazarov O'.Q. «Fizikadan laboratoriya ishlari», Toshkent, «O'qituvchi» 1989 yil.
5. V.I. Kozlov. Obshiy fizicheskiy praktikum. Elektrichestvo i magnetizm Moskva, 1987 g.

2 - LABORATORIYA ISHI

KONDENSATOR SIG'IMINI UITSON KO'PRIGI YORDAMIDA O'LCHASH

Ishdan maqsad: Kondensatorlar bilan tanishish va ularning elektr sig'im kattaligini o'lchash.

Kerakli asbob va buyumlar: reoxord, telefon yoki ostsillograf, sig'imlar magazini, noma'lum sig'imli ikkita kondensator, kalit, o'zgaruvchan tok manbai.

NAZARIY QISM

Boshqa o'tkazgich va zaryadlardan cheksiz uzoqda joylashgan, ya'ni yakkaqlangan bir o'tkazgichga q zaryad berilsa, unda qiymati shu zaryad miqdoriga proporsional bo'lgan potentsial yuzaga keladi.

Turli o'lchamga hamda turli shaklga ega bo'lgan o'tkazgichlar bir xil miqdordagi elektr zaryad bilan zaryadlansa, ularning potentsiali turlicha bo'ladi.

O'tkazgichga berilgan zaryad bilan shu o'tkazgichda yuzaga keladigan potentsial orasidagi bog'lanish chiziqli xususiyatiga ega bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$q = C \varphi \quad (1)$$

Bu yerda C-proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, uni shu o'tkazgichning elektr sig'imi deyiladi, (1) ifodani

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (2)$$

ko'rinishda yozamiz. Bu ifodaga ko'ra, berilgan o'tkazgichning elektr sig'imi deb, shu o'tkazgich potentsialini bir birlikka orttirish uchun lozim bo'lgan zaryad miqdoriga teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi.

Halqaro birliklar sistemasi (SI) da elektr sig'im birligi qilib farada (F) olingan. Yakkaqlangan o'tkazgichga 1 Kl zaryad berilganda uning potentsiali 1 V ga ortsa, shu o'tkazgichning elektr sig'imi 1Farada ga teng bo'ladi, ya'ni

$$1F = 1 \text{ Kl} / 1 \text{ V}$$

Miqdoran 1 Farada ga teng sig'im nihoyatda kattadir, shu sababli amalda faradaning juda kichik bo'laklari: 1 mkF=10⁻⁶ F (mikrofarada), 1 pF=10⁻⁹ (nanofarada), 1 pF=10⁻¹² F (pikofarada) qo'llaniladi.

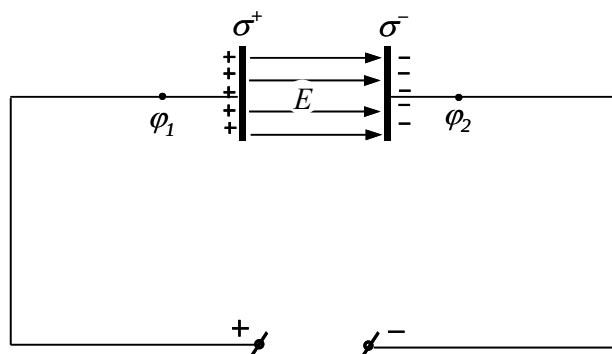
Amaliy ishlarda o'lchami kichik bo'lsa ham ko'proq zaryadni o'zida to'play oladigan, ya'ni katta sig'imga ega bo'la oladigan o'tkazgichlar sistemasidan foydalanishga to'g'ri keladi. Bunday o'tkazgichlar sistemasi kondensator deb ataladi. Masalan, bir-biridan dielektrik muhit bilan ajratilgan sirt yuzlari teng ikkita va undan ortiq yassi plastinkalardan iborat sistemaga yassi kondensator deyiladi. Dielektrik muhit bilan ajratilgan ikkita qo'shni plastinka qarama-qarshi zaryadlangan bo'ladi.

Ikki plastinkadan iborat yassi kondensatorning elektr sig'imi har bir plastinkadagi zaryadning shu plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi (kuchlanish) ga nisbatiga tengdir:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad (3)$$

Plastinkalar odatda qoplama deb ataladi. Shunga ko'ra, shunday ta'rif berish mumkin: kondensatorning elektr sig'imi uning qoplamalari orasidagi potentsiallar ayirmasini bir birlikka orttirish uchun zarur bo'lgan zaryad miqdori bilan o'lchanuvchi kattalikdir.

Qoplamalari orasidagi masofa d , qoplamalar yuzi S va qoplamalar orasiga qo'yilgan moddaning dielektrik singdiruvchanligi ε bo'lgan yassi kondensatorning elektr sig'imi yuqoridagi kattaliklar orqali qanday ifodalanishini ko'rib chiqaylik (1-rasm).



1-rasm

Qoplamalar orasidagi potentsiallar ayirmasi $\varphi_1 - \varphi_2$, U -kuchlanish, E -kuchlanganlik, d -masofa o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = Ed \quad (4)$$

O'z navbatida q zaryad bilan zaryadlangan ikki plastinka orasidagi maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{q}{\varepsilon_0 \varepsilon S} \quad (5)$$

ko'rinishda bo'ladi. Bu yerda σ - qoplamadagi zaryadning sirt zichligi $\sigma = \frac{q}{S}$. (4) ifodadagi maydon kuchlanganligi o'rniga (5) ni qo'ysak potentsiallar ayirmasi uchun quyidagi tenglikni olamiz:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{qd}{\varepsilon_0 \varepsilon S} \quad (6)$$

Bu ifodani (2) tenglik bilan taqqoslasak, izlanayotgan yassi kondensator sig'imi quyidagi formula orqali ifodalanishini topish mumkin:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d} \quad (7)$$

Bundan kondensatorning elektr sig'imini orttirish uchun qoplamalar yuzasini kattalashtirish yoki ular orasidagi masofani kichiklashtirish zarur ekan, degan xulosaga kelish mumkin. Ammo bu usul bilan lozim bo'lgan sig'imni hosil qilish noqulaydir. Buning o'rniga bir necha kondensatorni bir-biriga maxsus usullarda ulab lozim bo'lgan sig'imni hosil qilish mumkin.

Bu ulash usullarining ikki turi: 1) ketma-ket ulash: 2) parallel ulash orqali natijaviy sig'implarni hosil qilish bilan tanishaylik.

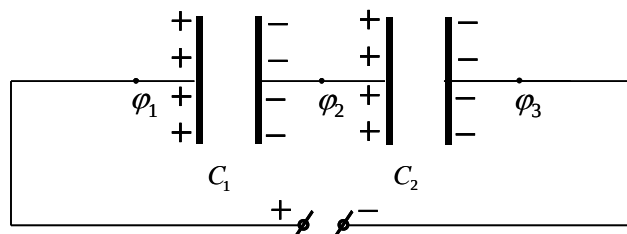
1. *Kondensatorlarni ketma-ket ulash*

Ketma-ket ulashda (2-rasm) barcha plastinkalardagi zaryad miqdori bir xil bo'ladi, ya'ni $q_1 = q_2 = q_3 = \text{const}$. Qoplamalar orasidagi potentsiallar ayirmasi har xil bo'ladi. Bunda $\varphi_3 - \varphi_1 = (\varphi_3 - \varphi_2) + (\varphi_2 - \varphi_1)$ $U = \varphi_3 - \varphi_1$, $U_1 = \varphi_2 - \varphi_1$, $U_2 = \varphi_3 - \varphi_2$ desak $U = U_1 + U_2$ (8) ifodaga ega bo'lamiz.

$$U = \frac{q}{C}; \quad U_1 = \frac{q}{C_1}; \quad U_2 = \frac{q}{C_2}.$$

$$\frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} \Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (9)$$

Demak, kondensatorlar ketma-ket ulansa, umumiy sig'im kichiklashadi. Ketma-ket ulash sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm

2. *Kondensatorlarni parallel ulash*

Parallel ulangan kondensatorlar qoplamasidagi potentsiallar ayirmasi barcha kondensatorlar uchun bir xil bo'lib, $\varphi_1 - \varphi_2$ ga ($\Delta\varphi$ ga) teng. Agar kondensatorlar sigimi C_1, C_2, C_3 va hokazo bo'lsa, bu holda har bir kondensatordagi zaryadni

$$q_1 = C_1(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$q_2 = C_2(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\text{-----}$$

$$q_n = C_n(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (10)$$

ifodalar bilan aniqlash mumkin. Barcha kondensatorlarning umumiy zaryadi

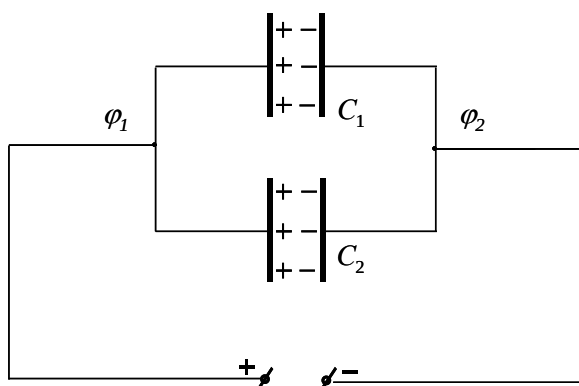
$$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots \quad (11)$$

(10) va (11) ifodalarni birgalikda ishlab chiqsak $C(\varphi_1 - \varphi_2) = C_1(\varphi_1 - \varphi_2) + C_2(\varphi_1 - \varphi_2) + \dots$ va umumiy sig'imi

$$C = \sum C_i = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (12)$$

bo'ladi.

Bundan ko'rinadiki, umumiy sig'im ulangan kondensatorlar sig'implari qiymatlarining yig'indisiga teng bo'lar ekan. Kondensatorlarni parallel ulash sxemasi 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm

Bu ishda kondensatorlarning sig'implari Uitson ko'prigi yordamida aniqlanadi. Ma'lumki, kondensator qoplamlari orasida bo'sh yoki dielektrik qatlam bo'lganligi sababli o'zgarmas tok kondensatordan o'tmaydi. Shu sababli, ishni bajarishda o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi. Agar kondensatorning qoplamlari o'zgaruvchan tok manbaiga ulansa, u holda kondensator qoplamlari davriy ravishda zaryadlanib, zaryadsizlanib turadi. Shu sababli kondensatorni o'zgaruvchan tok yo'lidagi o'tkazgich deb hisoblash mumkin.

Kuzatilayotgan zanjir sinuslar qonuni bo'yicha o'zgaruvchan elektr yurituvchi kuchi (E.YU.K.) bo'lgan tok manbaiga ulangan bo'lsa

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t \quad (13)$$

bu yerda ε -E.YU.K. ning ixtiyoriy t momentdagi qiymati, ε_0 – E.YU.K. ning maksimal (amplitudaviy) qiymati, ω -doiraviy chastota, $\omega = \frac{2\pi}{T}$. Kondensator qoplamasidagi zaryad miqdorini sig'im formulasiga ko'ra quyidagicha aniqlash mumkin:

$$q = C\varepsilon = C\varepsilon_0 \sin \omega t \quad (14)$$

Demak, qoplamadagi zaryad ham sinuslar qoidasi bo'yicha o'zgaradi. (14) ifodani vaqt bo'yicha diffyereentsiallaymiz va bunda zaryadning vaqt bo'yicha o'zgarishi tok kuchiga teng ekanligini e'tiborga olamiz:

$$\frac{dq}{dt} = I = C\omega\varepsilon_0 \cos \omega t \quad (15)$$

Bundan ko'rinib turibdiki, tok kuchi ham davriy ravishda o'zgarar ekan. Uning qiymati maksimal ($\cos \omega t = 1$) bo'lganda:

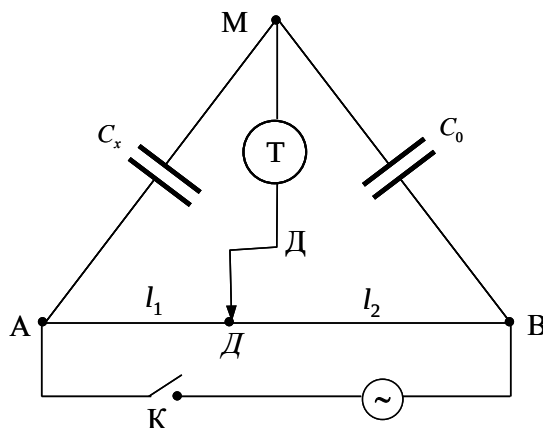
$$I_0 = C\omega\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_0}{\frac{1}{\omega C}} \quad (16)$$

ko'rinishga ega bo'ladi. (16) ifodani Om qonuni formulasiga ($I = \frac{\varepsilon}{R}$) bilan taqqoslasak, $\frac{1}{\omega C}$ kattalik qarshilik vazifasini o'tashini bilishimiz mumkin, uni R_c deb belgilab

$$R_c = \frac{1}{\omega C} \quad (17)$$

ifodani yozishimiz mumkin. R_c - kondensatorning sig'imiylig qarshiligi deyiladi.

Kondensatorning sig'imini o'lchash uchun qo'llaniladigan elektr zanjir sxemasi ya'ni Uiton ko'prigi 4-rasmda tasvirlangan.



4-rasm

Bu sxemada ε o'zgaruvchan E.YU.K. manbai, C_0 -sig'imi ma'lum bo'lgan kondensator, C_x -sig'imi o'lchanishi lozim bo'lgan kondensator, K-kalit, zanjirning MD qismidagi telefon (T) ko'prik vazifasin o'taydi. Zanjirning A va B nuqtalari reoxordga ulangan. Telefonga ulangan simning D uchi reoxord bo'ylab harakatga keltirilib telefonda tok o'tishi to'xtagan holat topiladi.

Bu telefonda tovush bo'lmasligiga ko'ra aniqlanadi. Bu holatni ko'prikning muvozanat holati deyiladi, bunda M va D nuqtalardagi potentsiallar tenglashgan bo'ladi. Reoxord simning D nuqtaga nisbatan chap va o'ng qismlari uzunligi mos ravishda ℓ_1 va ℓ_2 deb belgilanadi va ular reoxord yelkalari deb ataladi. Ko'prikning muvozanat holati ($I_g = 0$) da 4-rasmdagi elektr zanjiriga nisbatan quyidagi ayniyatlarni yozish mumkin:

$$I_0 = I_x \quad \text{va} \quad I_1 = I_2 \quad (18)$$

Shuningdek, M va D nuqtalarda potentsiallar qiymatlarining tengligi ($\varphi_M = \varphi_D$) dan AMDA kontur uchun

$$\varphi_A - \varphi_M = \varphi_A - \varphi_D \quad (19)$$

yoki

$$I_0 R_{C_x} = I_1 R_1 \quad (20)$$

Shuningdek, MBDM kontur uchun

$$I_0 R_{C_0} = I_2 R_2 \quad (21)$$

ni yozish mumkin. (20) va (21) tengliklarning chap va o'ng tomonlarining nisbatini olamiz, hamda tok kuchlari uchun (18) ifodalardan foydalanib noma'lum qarshilik uchun

$$R_{C_x} = R_{C_0} \frac{R_1}{R_2} \quad (22)$$

tenglamaga kelish mumkin. Bu yerda $R_{C_x} = \frac{1}{\omega C_x}$, $R_0 = \frac{1}{\omega C_0}$ bundan,

$$C_x = C_0 \frac{\ell_2}{\ell_1} \quad (23)$$

ifoda kelib chiqadi

Bu ifoda noma'lum sig'im C_x ni ℓ_1 , ℓ_2 va C_0 ma'lum ning qiymatlari orqali topishga imkon beradi.

Ishni bajarish tartibi

1. 4-rasm bo'yicha elektr zanjiri yig'iladi. Zanjirga sig'imi noma'lum bo'lgan kondensator ulanadi.

2. D kontakti reoxordning o'rtasiga qo'yiladi. Sig'imler magazinidan shunday C_1 sig'im tanlab olinadiki, bunda telefonning tovushi eng past (ostsillografdagi signal minimal) bo'lsin. So'ngra D kontakti reoxord bo'ylab surib telefondagi tovush (ostsillografdagi signal) ning o'zgarishi qayd qilib boriladi. Telefonda tovush yo'qolishi (ostsillografdagi signal 0 ga teng bo'lishi) bilan kontakti surish to'xtatiladi. Shu nuqtaga nisbatan reoxordning elkalari uzunliklari ℓ_1 va ℓ_2 jadvalga yozib olinadi. Bu tajribani 3 marta takrorlash lozim.

3. Sig'imi noma'lum birinchi kondensator o'rniga ikkinchi noma'lum sig'imli kondensator ulanadi. Bu kondensator uchun ham 2-bandda bajarilgan ishlar takrorlanadi.

4. C_{x_1} va C_{x_2} kondensatorlar ketma-ket ulanadi va yana 2-bandda bajarilgan ishlar takrorlanadi. So'ngra bu ikki noma'lum sig'imli kondensator parallel ulanib tajriba yana 3 marta takrorlanadi.

5. Tajribada topilgan ℓ_1 va ℓ_2 hamda C_0 qiymatlarni (23) formulaga qo'yib har bir kondensatorning sig'imi hisoblab topiladi. Shuningdek, kondensatorlarning ketma-ket va parallel ulangandagi natijaviy sig'implari ham hisoblanadi. So'ngra, ikki noma'lum kondensatorni ketma-ket va parallel ulashda olinadigan natijaviy sig'im (9) va (12) nazariy formulalar bo'yicha hisoblanib, tajribada olingan natijalar bilan taqqoslanadi.

Tajriba va hisoblash ma'lumotlari quyidagi jadvalga yozib boriladi

Kondensatorlar	№	C_0 (f)	ℓ_1 (m)	ℓ_2 (m)	C_x (f)	$< C_x >$
C_{x_1} - kondensator	1					
	2					
C_{x_2} - kondensator	1					
	2					
C_{x_1} ba C_{x_2} ketma-ket ulangan	1					
	2					
C_{x_1} ba C_{x_2} parallel ulangan	1					
	2					

Nazorat savollari

1. Elektr sig'imi deb qanday fizik kattalikka aytiladi va u qanday birliklarda o'lchanadi?
2. Kondensator qanday asbob, uning vazifasi nimadan iborat?
3. Kondensatorlarni ketma-ket va parallel ulanganda natijaviy sig'im qanday formulalarga ko'ra topiladi?
4. Kondensatorning o'zgaruvchan tokka nisbatan qarshiligi (sig'imi qarshilik) qanday aniqlanadi?
5. Yassi kondensatorning sig'imini aniqlash formulasini keltirib chiqaring.
6. Nima uchun sig'imni o'lchashda o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi?
7. Kondensatorning noma'lum sig'imini ko'prik usulda aniqlash formulasini keltirib chiqaring.

Adabiyot

1. Nazarov O'.Q. «Umumiy fizika kursi» 2-qism (Elektr va elektromagnetizm) Toshkent, «O'zbekiston», 2002 yil.
2. Safarov A.S. «Umumiy fizika kursi» (Elektromagnetizm va to'lqinlar), Toshkent, «O'qituvchi», 1992 yil.
3. M.Ismoilov, P.Xabibullayev, M.Xaliulin «Fizika kursi» «O'zbekiston», Toshkent, 2000 yil.
4. Haydarova M.Sh., Nazarov O'.Q. «Fizikadan laboratoriya ishlari», Toshkent, «O'qituvchi» 1989 yil.
5. V.I. Kozlov. Obshiy fizicheskiy praktikum. Elektrichestvo i magnetizm Moskva, 1987 g.

3-LABORATORIYA ISHI

GALVANIK ELEMENTLARNING ELEKTR YURITUVCHI KUCHINI KOMPENSATSIYA USULI BILAN O'LCHASH.

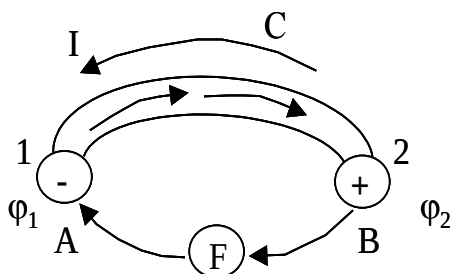
Ishdan maqsad: galvanik element tushunchasi bilan tanishish va ularda hosil bo'ladigan elektr yurituvchi kuch qiymatini aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: reoxord, o'zgarmas tok manbai, galvanometr, normal (EYUK ma'lum bo'lgan ikkita tok elementi, qayta ulagich (pereklyuchatel) katta qarshilikli o'tkazgich.

NAZARIY QISM

Ikkita turli ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan metal shar yoki plastinka olaylik va ularni o'tkazgich bilan birlashtiraylik (1-rasm). Birinchi A shar φ_1 potentsialgacha, ikkinchi B shar φ_2 potentsialgacha zaryadlangan bo'lsin. Ularni kontaktga keltiruvchi uchinchi o'tkazgichni C deb belgilaymiz. Maydon ta'sirida ACB yo'nalishda elektronlarning ko'chishi yuzaga keladi, yoki bu o'tkazgich bo'ylab BCA yo'nalishda elektr toki hosil bo'lishi demakdir. Tokning o'tishi bilan potentsiallar qiymati tenglasha boradi. Ular tenglashgach tok o'tishi to'xtaydi.

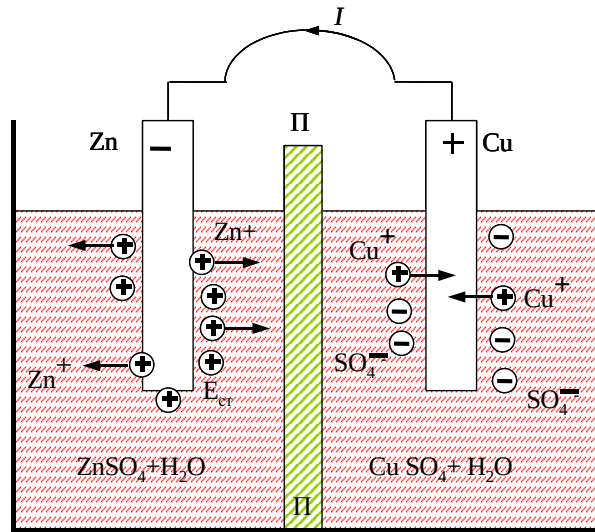
Zanjirda o'zgarmas tok mavjud bo'lishi uchun turli ishorali zaryadlar qaytadan ajratilib, ular avval o'zlari joylashgan o'rinlariga, ya'ni musbat ishorali zaryadlar B sharchaga manfiy ishorali zaryadlar A sharchaga qaytishlari kerak. Demak, zanjirda potentsialning ortishi yo'nalishida harakatga keltiruvchi tashqi kuchlar



1-rasm

mavjud bo'lib, ularda elektronlarni maxsus elektrostatik xususiyatga ega bo'lmagan tabiatga ega. Tashqi kuchlarning tabiati turlicha bo'lishi mumkin. Masalan, galvanik elementlarda bu kuchlar elektrodlar va elektrolit o'rtasida vujudga keladigan kimyoviy reaksiyalar energiyasi hisobiga hosil bo'ladi. O'zgarmas tok generatorlarida esa magnit maydoniga qo'yilgan yakorning aylanma harakatining kinetik energiyasi hisobiga hosil bo'ladi. Misol tariqasida Voltaning galvanik elementi ishlashida sodir bo'ladigan jarayonlarni mufassalroq ko'rib o'taylik. Sulfat kislotasi eritmasiga rux elektrodi tushiriladi. Sulfat kislotasi eritmasi bilan reaksiyaga kirishish natijasida rux elektrodi musbat ionlarini eritmaga berib, o'zi manfiy zaryadlanib qoladi. Natijada rux elektrodi bilan eritma orasida potentsiallar ayirmasi vujudga keladi. So'ngra shu eritmaga sulfat kislotada kam eriydigan

ikkinchi mis elektrodini tushiriladi. Mis elektrodi o'zida mavjud bo'lgan manfiy elektronlarni musbat ishorali eritmaga berib o'zi ortiqcha musbat ishorali zaryadga ega bo'ladi (2-rasm).



2-rasm

Rux elektrodida manfiy zaryad to'planganligini eslasak, eritmada ikki xil zaryadli ikkita elektrod mavjud ekanligiga ishonch hosil qilamiz. Bu holda rux elektrod bilan mis elektrod orasida taxminan 1,1 V ga teng potentsiallar ayirmasi vujudga kelar ekan. Bu elektrodlarni o'zaro metall sim bilan ulansa potentsiallar farqi tufayli elektr toki hosil bo'ladi.

Elementning tashqi zanjirga ulanadigan qisqichi buning qutbi deyiladi. Musbat potentsialli qutb musbat qutb, ikkinchi manfiy potentsialli qutb esa manfiy qutb deb ataladi. Shunday qilib, elektr zaryadlari tashqi kuchlar hosil qilgan maydon hisobiga tok manbai ichida tashqi zanjir qutbalarida (uchlarida) potentsiallar ayirmasini saqlab turadi. Bu esa, o'zgarmas tok oqishini yuzaga keltiradi. Tashqi kuchlar zaryadlarni ko'chirar ekan, tabiiyki, ular ish bajaradi. Tashqi kuchlar maydonining kuchlanganligi E^* deb belgilansa, bu kuchlar maydonning $d\ell$ qismida bajargan ishi zaryad ko'chirishga sarflanib, uning ifodasi

$$dA_r = qE^* d\ell \quad (1)$$

ko'rinishda bo'ladi. Agar zaryad berk kontur (zanjir) bo'ylab ko'chirilsa, umumiy bajarilgan ish quyidagicha aniqlanadi:

$$A_r = \oint_{\ell} qE^* d\ell = q \oint_{\ell} E^* d\ell \quad (2)$$

(2) ifodaning xar ikki tomonini ko'chirilayotgan zaryad miqdori q ga bo'lamiz.

$$\frac{A_r}{q} = \oint_{\ell} E^* d\ell \quad (3)$$

Bu yerda

$$\varepsilon = \oint_{\ell} E^* d\ell \quad (4)$$

ifoda bilan aniqlanuvchi kattalik manbaning elektr yurituvchi kuchi (E.YU.K.) deyiladi. Demak (3) ifodani

$$\varepsilon = \frac{A_r}{q} \quad (5)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Agar zaryad zanjirning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko'chirilayotgan bo'lsa, E.YU.K. ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$\varepsilon_{1,2} = \int_1^2 E^* dl \quad (5')$$

Demak, tashqi kuchlarning birlik musbat zaryadni berk zanjir bo'yicha yoki zanjirning biror qismi bo'yicha ko'chirishda bajargan ishga teng bo'lgan kattalik berk zanjirdagi yoki uning biror qismidagi elektr yurituvchi kuchi deyiladi. Elektr yurituvchi kuch (E.YU.K.) ning o'lchov birligi (5) ifodasiga ko'ra voltdir (V). q-zaryadga tashqi kuchlardan tashqari elektrostatik maydon kuchlari ham ta'sir qilayotgan bo'lsin. U holda zanjirning 1-2 qismi (2-rasm) da natijaviy kuchlar tomonidan zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish qiymati quyidagicha aniqlanadi.

$$A_{1,2} = q \int_1^2 E^* dl + q \int_1^2 E dl \quad (6)$$

Elektrostatik maydon uchun potentsiallar ayirmasi formulasi

$$(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{A_{1,2}}{q} \text{ ni qo'llasak } A_{1,2} = q\varepsilon_{1,2} + q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (7)$$

ifodaga kelimiz. Bu ifoda yordamida bir muhim kattalik kuchlanish-tushunchasini kiritamiz. Zanjirning 1-2 qismidagi kuchlanish deb shu qismda elektrostatik va tashqi kuchlar tomonidan birlik musbat zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish miqdoriga teng fizik kattalikka aytiladi. Demak, (7) ifodaga asosan

$$U_{1,2} = \varepsilon_{1,2} + (\varphi_1 - \varphi_2) \quad (8)$$

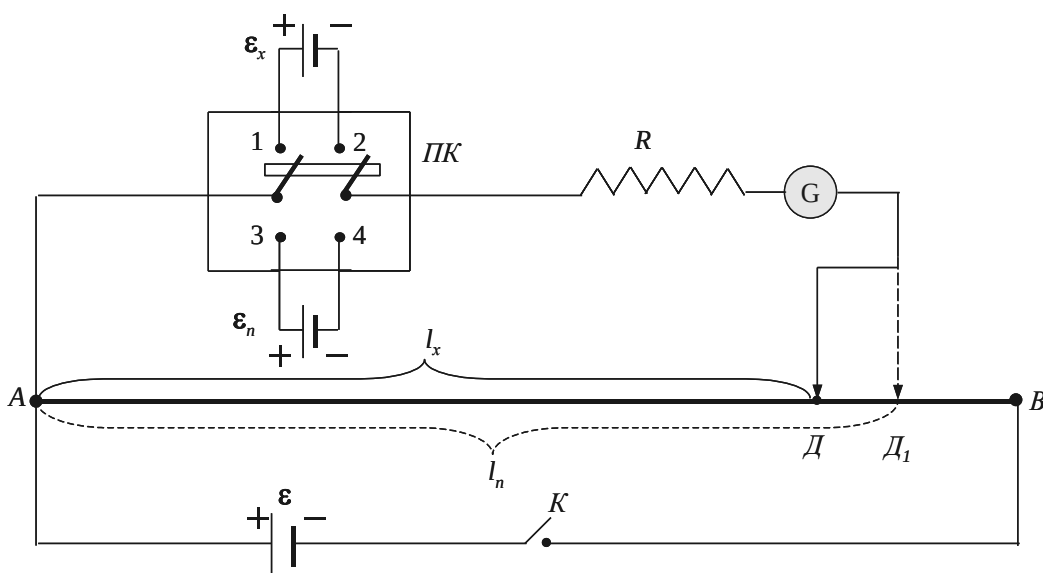
Ushbu laboratoriya ishini bajarishdan maqsad kompensatsiya usuli yordamida tok manbalarining elektr yurituvchi kuchini aniqlashdir. Odatada kuchlanish yoki potentsiallar ayirmasi voltmeter yordamida o'lchanadi. Tok manbaining EYUK ni ham voltmeter yordamida tez va oson ulchash mumkindek tuyuladi. Ammo, bu holda voltmeter bilan zanjirning tashqi qismidagi kuchlanish o'lchanadi. Demak, o'lchangan kuchlanish qiymati manba EYUK dan Ir ga qadar kichik bo'ladi, ya'ni

$$U = \varepsilon - Ir \quad (9)$$

Voltmetrning qarshiligi tok manbaining ichki r qarshiligidan juda katta ($R \gg r$) bo'lganligi sababli Ir kattalikni hisobga olmaslik mumkin. Bu holda voltmetrning ko'rsatishini taxminan E.YU.K. ga teng ($U = \varepsilon$) deyish mumkin. Demak, manbaning E.YU.K. ni voltmeter yordamida ma'lum darajada xatolik bilan ya'ni taqriban o'lchash mumkin ekan. Shu sababli, tok manbalarining E.YU.K. ni juda aniqlik bilan o'lchash uchun kompensatsiya usulidan foydalaniladi. Bu usulga ko'ra E.YU.K. ma'lum bo'lgan normal element (ε_n) va o'lchanishi lozim bo'lgan noma'lum element (ε_x) lar E.YU.K. kattarok bo'lgan asosiy tok manbaiga navbatma-navbat ulanadi. Bunda qiymati ma'lum bo'lgan normal elementning E.YU.K. asosiy tok manbaining qancha qismini tashkil qilishi aniqlanadi. So'ngra

E.YU.K. noma'lum element asosiy tok manbai bilan taqqoslanadi va u asosiy manba E.YU.K. ning qancha qismini tashkil qilishi aniqlanadi.

Normal, ya'ni E.YU.K. ma'lum bo'lgan element bilan o'lchanishi lozim bo'lgan noma'lum E.YU.K.li elementlar o'zaro taqqoslanadi. O'zaro taqqoslanish natijasiga ko'ra noma'lum elementning E.YU.K. aniqlanadi. Kompensatsiya usulidan foydalanishni quyidagi sxema yordamida o'rganiladi. (3-rasm). Bu yerda E.YU.K. noma'lum bo'lgan element, -normal, ya'ni qiymati anik etalon element, asosiy tok manbai, G-galvanometr, K-kalit, P- qayta ulagich (pereklyuchatel), AB-reoxord. Bu usulning asosiy xususiyati shundan iboratki, umumiy tok manbai va E.YU.K. aniqlanishi lozim bo'lgan elementlarning bir xil ishorali qutblari o'zaro ulanadi. Qayta ulagich 1-2 holatda turgan bo'lsa, elektr zanjirga E.YU.K. aniqlanishi lozim bo'lgan (noma'lum) element ulangan bo'ladi. AB reoxord bo'ylab D kontakt siljutilib, galvanometrdan o'tayotgan tok kuchining qiymati nolga teng bo'lishiga erishiladi ($I_g = 0$).



3-rasm

Galvanometrdan o'tayotgan tok kuchining qiymati nolga teng bo'lganda reoxordning AD qismidagi kuchlanish U_{AD} noma'lum element ning E.YU.K. ga teng bo'ladi, ya'ni $\varepsilon_x = U_{AD}$.

Galvanometrda tok kuchi mavjud ($I_g \neq 0$) bo'lsa, berk kontur uchun Kirxgofning ikkinchi qoidasini

$$I_G(r_x + R + r_G) - IR_{AD} = -\varepsilon_x \quad (10)$$

ko'rinishda yozish mumkin, bu yerda r_x , ε_x elementning ichki qarshiligi, r_G galvanometrning ichki qarshiligi, R_{AD} reoxord simi AD qismining qarshiligi galvanometrdan o'tayotgan tok nolga teng bo'lgan ($I_G=0$) holda, bundan

$$\varepsilon_x = I_1 R_{AD} \quad (11)$$

ifodaga ega bo'lamiz. Shu shartga mos keluvchi reoxordning AD qismi uzunligi ℓ_1 ning qiymati qayd qilinadi.

Shundan so'ng, zanjirga E.YU.K. ma'lum bo'lgan (normal) element ulanadi. Buning uchun qayta ulagich (pereklyuchatel) 3-4 holatga o'tkaziladi. Yuqorida qilingan tajriba yana takrorlanadi, ya'ni D kontakti AB reoxord ustida siljitib, galvanometrda o'tayotgan tok kuchi qiymati nolga teng ($I_g = 0$) bo'lgan holat yoki shunga mos bo'lgan C boshqa D ga o'xshash nuqta topiladi. Umumiy hol uchun Kirxgofning ikkinchi qoidasini

$$I_G(R + r_n + r_G) + IR_{AC} = \varepsilon_n \quad (12)$$

ko'rinishda yozish mumkin. $I_G=0$ hol uchun $I=I_1$ bo'ladi va (12) ifoda

$$\varepsilon_n = I_1 R_{AC} \quad (13)$$

ko'rinishga keladi. Shu shartga mos keluvchi AC elkaning uzunligi qayd qilinadi. (11) ifodani (13) ga bo'lsak

$$\varepsilon_x = \varepsilon_n \frac{R_{AD}}{R_{AC}} \quad (14)$$

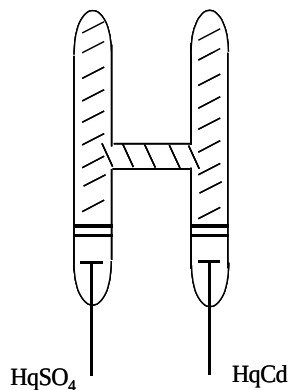
formulaga ega bo'lamiz. Qarshilik uchun $R = \rho \frac{l}{S}$ ifodasidan, ya'ni reoxord simi bir jinisli hamda ko'ndalang kesimi o'zgarmas bo'lsa, ρ va S ikkala qarshilikda o'zaro teng bo'ladi.

Qarshilik qiymati sim uzunligiga to'g'ri proporsional ($R \sim \ell$) deb hisoblash mumkin. Bu holda qarshilikni reoxord simi uzunligi bilan almashtiramiz va (14) ifoda

$$\varepsilon_x = \varepsilon_n \frac{\ell_x}{\ell_n} \quad (15)$$

ko'rinishga keladi. Bu formula yordamida noma'lum elementning elektr yurituvchi kuchi hisoblab topiladi. Xuddi shu usul bilan ikkinchi noma'lum elementning E.YU.K. ham aniqlanadi.

Elektr yurituvchi kuchiga ega bo'lgan manba etaloni sifatida kumush-kadmiyli Veston elementi nomli normal element qo'llaniladi. Veston elementi H-shaklidagi shisha idishdan iborat (4-rasm) bo'lib, uning pastki qismiga metall plastinka-elektrod o'rnatilgan. Normal elementning musbat qutbi simob bo'lib, manfiy qutbi kadmiy amalgamasidan iborat. Elektrolit vazifasini SdSO_4 ning to'yingan eritmasi, qutbsizlagich (depolyarizator) vazifasini NqSO_4 eritma bajaradi.



4-rasm.

Normal elementning muhim xususiyati shundan iboratki, uning elektr yurituvchi kuchi tashqi muhit harakatining o'zgarishiga deyarlik bog'liq emas. 20°C da manbaning E.YU.K.ga tengdir. Veston elementidan 0,1 mA gacha tok olish mumkin. Shuning uchun bu element kuchlanish etaloni sifatida ishlatiladi.

Ishni bajarish tartibi

1. Sxema 3-rasmda ko'rsatilgan elektr zanjiri yig'iladi.
2. Ishni bajarishda olingan natijalarni qayd qilish uchun 1 va 2 jadvallar chiziladi.

1-Jadval

E_0	Reoxorddan olingan elkalar uzunligi				
1,018 V	ℓ_n	ℓ'_x	ℓ''_x	ℓ ketma-ket	ℓ parallel
1					
2					
3					

2- Jadval

	1- element	2- element	ε_1 va ε_2 ketma-ket ulanadi	ε_1 va ε_2 parallel ulanadi	
	ε_1	ε_2	ε ketma-ket	ε parallel	
1					

3. K-qayta ulagich richagini 1-2 klemallarga surib zanjirga E.YU.K. noma'lum bo'lgan element ulanadi.

4. Kalitni ulab, qo'zg'aluvchan Π kontakti reoxord bo'ylab surib shunday nuqta topiladiki, G-galvanometrda tok o'tmasin, ya'ni galvanometr strelkasi nolni ko'rsatsin. Bu hol uchun reoxorddagi (A Π) elka uzunligi 1-jadvalga yozib olinadi.

5. Qayta ulagich richagini 3-4 klemmalarga olib, zanjirga E.YU.K. ma'lum bo'lgan normal element ulanadi. Yana D kontakti surib galvanometrda tok kuchi qiymati nolga teng bo'lishiga erishiladi. Bu hol uchun o'lchangan yelka qiymati 1-jadvalga yoziladi.

6. 3 va 4 punktlarda ko'rstailgan tajribalar uch-to'rt marta takrorlanib, ulardan olingan yelka qiymatlarining o'rtachasi, ya'ni ℓ_x va ℓ_n hisoblanadi. Hisoblangan kattaliklar orqali (15) formuladan izlanayotgan manbaning E.YU.K. aniqlanadi va olingan natija 2-jadvalga yoziladi.

7. ε element o'rniga ikkinchi noma'lum E.YU.K.li element zanjirga ulanadi. Yuqorida ko'rsatilgan usul bilan uning ham E.YU.K. aniqlanadi.

8. ε'_1 va ε'_2 elementlarni avval ketma-ket so'ngra parallel ulab hosil bo'lgan batareyalarning E.YU.K. yuqoridagi kabi aniqlanadi.

Nazorat savollari

1. Elementning elektr yurituvchi kuchi deb nimaga aytiladi.
2. Tashqi kuch deganda qanday fizik kattalik tushuniladi.
3. Tok manbaining tuzilishini tushuntiring.
4. Qanday shart bajarilganda element qutblaridagi potentsiallar ayirmasi uning E.YU.K. ga teng bo'lishini ko'rsatadi.
5. Nima sababdan voltmeter yordamida elementning E.YU.K. ni aniq o'lchash mumkin emas.
6. Kompensatsiya usulining mohiyati nimadan iborat.
7. Kirxgof qoidalaridan foydalanib (15) formulani isbotlang.
8. Veston normal elementning tuzilishini tushuntiring.

Adabiyot

1. Nazarov O'.Q. «Umumiy fizika kursi» 2-qism (Elektr va elektromagnetizm) Toshkent, «O'zbekiston», 2002 yil.
2. Safarov A.S. «Umumiy fizika kursi» (Elektromagnetizm va to'lqinlar), Toshkent, «O'qituvchi», 1992 yil.
3. M.Ismoilov, P.Xabibullayev, M.Xaliulin «Fizika kursi» «O'zbekiston», Toshkent, 2000 yil.
4. Haydarova M.Sh., Nazarov O'.Q. «Fizikadan laboratoriya ishlari», Toshkent, «O'qituvchi» 1989 yil.
5. V.I. Kozlov. Obshiy fizicheskiy praktikum. Elektrichestvo i magnetizm Moskva, 1987 g.

4 - LABORATORIYA ISHI

CHO'G'LANMA LAMPOCHKANING QARSHILIGI VA QUVVATINI ANIQLASH

Ishdan maqsad: O'zgarmas tok qonunlari bilan tanishish va cho'g'lanma lampochkaning qarshiligi hamda quvvatini tajribada aniqlash.

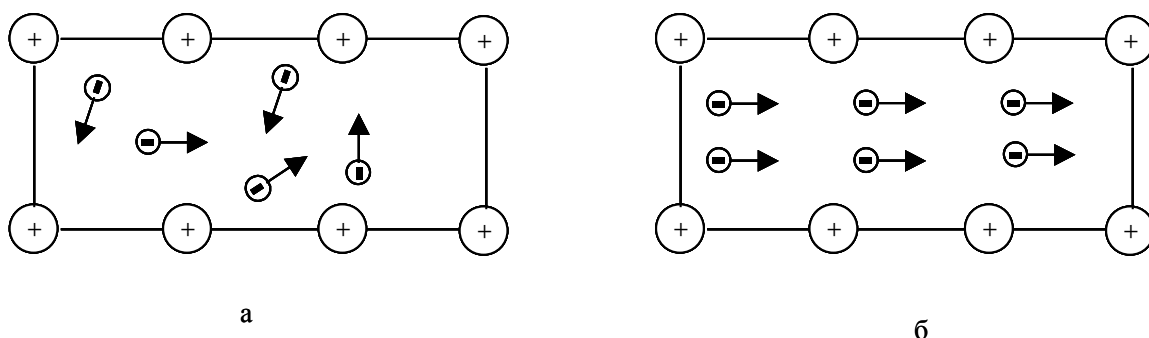
Kerakli asbob va buyumlar: ikkita cho'g'lanma lampochka, ampermetr, voltmetr, reostat, kuchlanishi 220 V bo'lgan o'zgaruvchan tok manbai.

NAZARIY QISM

Elektr zaryadlarining ma'lum bir yo'nalishdagi tartibli harakatiga elektr toki deb ataladi. Metallarda vujudga keladigan elektr tokining tabiati bilan tanishib chiqaylik. Metallar kristall panjaraviy tuzilishga ega bo'lib, kristall tugunlarida musbat zaryadli ionlar joylashgan. Bu musbat zaryadli ionlar o'z valent elektronini yo'qotgan atomlardir. Valent elektronlar esa o'z atomi bilan zaif bog'langanligi sababli, nisbatan past, ya'ni xona haroratidan past haroratlarda ham atomdan ajralgan holda, metall ichida ixtiyoriy yo'nalishda tartibsiz harakat qiladigan "erkin" elektronlardir. 1 a)-rasmda ionlar holati va erkin elektronlar harakati ma'lum darajada soddalashtirilgan tarzda tasvirlangan. Shuni ta'kidlash lozimki, har bir atomdan bittadan valent elektron ajralsa, birlik hajmda (1 sm^3 da) erkin elektronlar soni 10^{22} - 10^{23} ga teng bo'ladi.

O'tkazgich, ya'ni metallni bir jinsli elektr maydoniga kiritaylik. Elektr maydoni ta'sirida elektronlar ma'lum yo'nalishda tartibli harakat qila boshlaydilar. Buning natijasida metall ichida elektr toki vujudga keladi.

Albatta, elektronlar bunda o'zlarining dastlabki, tartibsiz harakatlarini ham saqlab qoladilar. Shu sababli, elektronlar biror yo'nalishda tartibli ravishda siljiydilar deyish mumkin. 1 b)-rasmda ana shu siljish tasvirlangan.



1-rasm

Odatda, elektr tokining yo'nalishi sifatida musbat ishorali zaryadlarning yo'nalishi qabul qilinadi. Elektr tokining miqdoriy o'lchovi sifatida tok kuchi ishlatiladi. Tok kuchi skalyar fizik kattalik bo'lib, o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan vaqt birligi ichida o'tgan elektr zaryadi qiymatiga tengdir.

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Halqaro birliklar sistemasi SI da tok kuchi birligi qilib Amper (1 A) deb olingan. Shuni alohida ta'kidlash lozimki, Amper asosiy fizik kattalik hisoblanadi. Elektr zaryad birligi - Kulon (Kl) AmpYer orqali quyidagicha aniqlanadi.

$$1 \text{ Kl} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$$

Agar vaqt o'tishi bilan tok kuchining qiymati hamda yo'nalishi o'zgarmay qolsa bunday tok o'zgarmas tok deyiladi. O'zgarmas tok uchun (1) ifoda quyidagi ko'rinishda yoziladi.

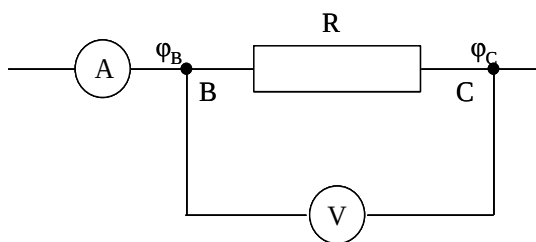
$$I = \frac{q}{t}$$

Bu yerda q- o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan t - vaqt mobaynida o'tgan zaryad miqdori. Yana bir fizik kattalik tok zichligidir. O'tkazgichning ko'ndalang kesim birligidan shu kesimga perpendikulyar yo'nalishda o'tuvchi tok kuchi bilan aniqlanuvchi fizik kattalikka tok zichligi deyiladi.

$$\vec{j} = \frac{I}{S} \vec{n} \quad (2)$$

Bu yerda $\vec{n}$ - S tekislikka perpendikulyar bo'lgan birlik vektor. Tok zichligi vektor tabiatiga ega ekan. Tok zichligi vektorining yo'nalishi musbat zaryadlar harakati yo'nalishiga mos keladi.

Elektron o'tkazuvchanlikning klassik nazariyasiga ko'ra, elektronlar metall ichida tartibli harakat qiladilar deb hisoblanadi. Ular o'z yo'lida musbat zaryad ionlarga duch kelib, ular bilan to'qnashishlari natijasida o'zlarining tartibli harakat tezligini yo'qotadilar. Qaytadan, tashqi maydon ta'sirida o'z tartibli tezliklarini tiklagach, yana to'qnashuv sodir bo'ladi va tartibli harakat energiyasi yana ionlarga beriladi. Tartibli harakat tezligining shunday yo'qotilib turishi o'tkazgichning elektr qarshiligini yuzaga keltiradi. Tok kuchi o'zgarmasdan saqlanish uchun, ya'ni qarshilik ta'sirini yo'qotish uchun o'tkazgichga ma'lum miqdorda kuchlanish berish lozim. Masalan, qarshilikli BC o'tkazgichdan tok o'tayotgan bo'lsin (2-rasm).



2-rasm

O'tkazgichga tushgan kuchlanishni voltmetr, tok kuchini esa A-Ampermetr yordamida o'lchanadi. Tajribaning ko'rsatishicha, BC o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi shu o'tkazgich uchlariga qo'yilgan kuchlanishga to'g'ri, o'tkazgich qarshiligiga esa teskari proporsional ekan. Bu qonun Om qonuni deb ataladi va uning matematik ifodasi

$$I = \frac{U}{R} \quad (3)$$

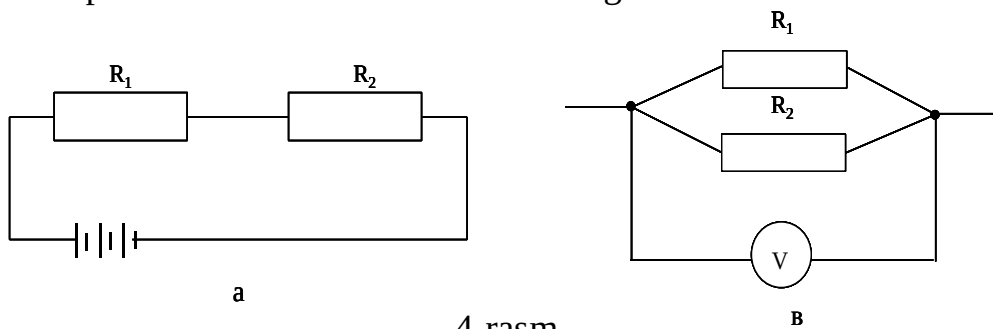
ko'rinishda bo'ladi. (3) ifodadan qarshilik birligini aniqlash mumkin. SI da qarshilik o'lchov birligi 1 Om bo'lib, u kuchlanish va tok kuchi birliklari orqali quyidagicha aniqlanadi. $1 \text{ Om} = \frac{1\text{B}}{1\text{A}}$. O'tkazgichning qarshiligi kOm ($1 \text{ kOm} = 10^3 \text{ Om}$) va MOm ($1 \text{ MOm} = 10^6 \text{ Om}$) larda ham o'lchanishi mumkin.

Qarshilikning kattaligi o'tkazgichning shakliga, o'lchamlariga, shuningdek, uning qanday materialdan yasalganligiga bog'liq. Bir jinsli silindrsimon o'tkazgich uchun

$$R = \rho \frac{\ell}{S} \quad (4)$$

Bu yerda ℓ - o'tkazgichning uzunligi, S - ko'ndalang kesim yuzasi, ρ - o'tkazgich yasalgan materialning tabiatiga bog'liq bo'lgan koeffitsient bo'lib, solishtirma elektr qarshilik deb ataladi. SI sistemasida solishtirma elektr qarshiligi Om·m larda o'lchanadi

O'tkazgichlarni o'zaro ketma-ket yoki parallel ulab lozim bo'lgan qarshiliklarni hosil qilish mumkin. 4-chi a) va b)-rasmlarda o'tkazgichlarning ketma-ket va parallel ulanish sxemalari ko'rsatilgan.



4-rasm

O'tkazgichlar ketma-ket ulanganda (4a-rasm), tok kuchi har bir o'tkazgichda bir xil bo'lib, kuchlanish esa har bir qarshilik bo'yicha turlicha taqsimlanadi. Har bir qarshilikdagi kuchlanish pasayishlari yig'indisi umumiy kuchlanishga teng bo'ladi:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n = \sum_{i=1}^n U_i$$

Om qonunidan $U_1 = IR_1, U_2 = IR_2, U_n = IR_n$ yozish mumkin.

Bundan $U = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n = I \sum_{i=1}^n R_i$, $R = \sum_{i=1}^n R_i$ umumiy qarshilik ayrim qarshiliklarning arifmetik yig'indisiga teng. Shunga ko'ra, umumiy qarshilik har bir qarshilik bo'yicha turlicha taqsimlanadi. Umumiy qarshilik har bir o'tkazgich qarshiliklarining yig'indisiga teng.

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (5)$$

O'tkazgichlar parallel ulanganda (4b-rasm), kuchlanishning pasayishi bir xil bo'ladi. Om qonunidan $I_1 = \frac{U}{R_1}, I_2 = \frac{U}{R_2} \dots$ umumiy qarshilik quyidagi ifodaga ko'ra aniqlanadi.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (6)$$

Demak, o'tkazgichlar parallel ulanganda umumiy qarshilik kamayar ekan.

Kuchlanish qo'yilgan bir jinsli o'tkazgichni ko'rib chiqaylik. Shu o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan vaqt davomida zaryad o'tadi. Zaryadning ko'chishi EYUK yoki maydon hisobiga bo'lib bunda bajarilgan ish

$$dA = U dq \quad (7)$$

ifoda bo'yicha aniqlanadi. Agar o'tkazgichning qarshiligi R ga teng bo'lsa, Om qonuniga ko'ra $dA = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt$ bo'ladi. Endi quvvat tushunchasi ustida to'xtalamiz. Bundan $N = \frac{dA}{dt}$ ma'lumki,

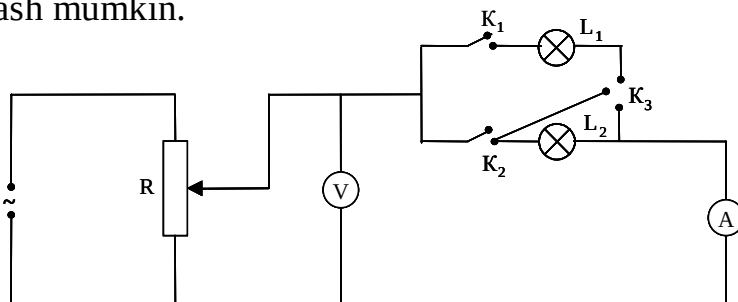
$$N = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (8)$$

(7) va (8) ifodalar yordamida tokning quvvatini topish mumkin. Agar tok kuchi Amperda, kuchlanish Voltda qarshilik Om da o'lchansa, tokning ishi Joul, tokning quvvati Vattlarda o'lchanadi. Elektr toki qo'zgalmas metall o'tkazgichdan o'tayotgan bo'lsa, bajarilgan ishning hammasi o'tkazgichni isitishga sarflanadi. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan $dQ = dA$. Shunday qilib ajralayotgan

issiqlik miqdori uchun
$$dQ = UI dt = \frac{U^2}{R} dt \quad (9)$$

(9) ifoda Joul-Lents qonunini ifodalovchi tenglamadir. O'tkazgichdan tok o'tayotganda issiqlik ajralish sababini klassik nazariyaga ko'ra sodda qilib shunday tushuntirish mumkin. Tartibli harakat qiluvchi elektronlar o'z tartibli tezliklarini ionlar bilan to'qnashish natijasida yo'qotishlari yuqorida aytib o'tilgan. Tartibli tezlikni yo'qotish bilan ekvivalent ekanligini eslasak, ionlarga muttasil energiya berib turar ekan, degan xulosaga kelish mumkin. Bu energiya issiqlik energiyasi tarzida metallardan ajralib turishi Joul-Lents qonunini sifatiy izohlashga imkon beradi.

Ushbu laboratoriya ishida cho'g'lanma lampochkalarining qarshiligi, quvvati va lampochka ichidagi sim tolasining tok o'tayotgan paytdagi harorati aniqlanadi. 5-rasmda tajribaning elektr sxemasi tasvirlangan. Bu yerda R potentsiometr bo'lib, uning yordamida voltmetr (V) dagi kuchlanish va ampermetr (A) orqali o'tayotgan tok kuchi qiymati o'zgartirib turiladi. L_1 va L_2 cho'g'lanma lampochkalar K_1 , K_2 va K_3 kalitlar yordamida lampochkalarni elektr zanjiriga alohida-alohida, ketma-ket va parallel ulash mumkin.



5-rasm

Ishni bajarishda har bir lampochka hamda lampochkalarining ikkovini ketma-ket va parallel ulashdagi V voltmetrning, shuningdek A ampermetrning ko'rsatishlari yozib boriladi. Lampochkaning cho'g'lanish haroratini aniqlash uchun, qarshilikning absolyut haroratga bog'liqlik formulasidan foydalanimiz.

$$R_t = R_0 \alpha T \quad (10)$$

(10) formulani haroratning ikki xil qiymati uchun yozib

$$R'_t = R_0 \alpha T_1 \quad \text{va} \quad R''_t = R_0 \alpha T_2 \quad (11)$$

formulalarni olamiz. Bu yerda T_1 - xona harorati, T_2 - lampochkaning cho'g'lanish harorati, α - qarshilikning harorat koeffitsenti, R'_t va R''_t shu haroratlarga mos keluvchi lampochka tolasining qarshiliklari, R_0 - lampochka tolasining $t=0^\circ\text{S}$ haroratdagi qarshiligi. Formulalarning o'zaro nisbatini olsak, quyidagi formulaga ega bo'lamiz:

$$R''_t = R'_t \frac{T_2}{T_1} \quad (12)$$

Ishni bajarish tartibi

1. 5-rasmda tasvirlangan elektr zanjiri yig'iladi. O'lchash va hisoblash natijalarini yozish uchun quyidagi jadval chiziladi.

№		U (V)	I (A)	R (Om)	N (Vt)	T (K)		U (V)	I (A)	R (Om)	N (Vt)	T (K)
I	1 2 3						1va 2 lampochka ketma-ket					
II	1 2 3						1va 2 lampochka parallel ulash					

2. L_1 lampochka zanjirga K_1 kalit yordamida ulanib K_2 - ochiq, K_3 -1- holatda bo'ladilar, kuchlanishning 60, 80, 100 va 120 V qiymatlari uchun tok kuchi aniqlanadi.

3. (3) formula yordamida tok kuchi va kuchlanishning har bir qiymati uchun qarshilik hisoblanadi.

4. (8) formula bo'yicha lampochkaning quvvati aniqlanadi.

5. Ommetr yordamida sovuq holdagi xona haroratidagi lampochkaning qarshiligi va termometr yordamida uning absolyut shkala bo'yicha haroratning qiymati aniqlanadi, $T_1 = 273 + t$.

6. (12) formuladan R''_t ning har bir qiymati uchun cho'g'langan lampochkaning harorati aniqlanadi.

7. Elektr zanjiriga L_1 lampochka K_2 kalit orqali ulanadi (K_1 -ochiq) va 2-6 bandlarda o'tkazilgan tajriba va hisoblashlar takrorlanadi.

8. L_1 va L_2 lampochkalar K_1 kalit yordamida zanjirga ketma-ket ulanadi, bunda K_2 -ochik, K_3 -esa 2-holatga o'tkaziladi L_1 va L_2 lampochkalar K_1 va K_2 kalitlar yordamida zanjirga parallel ulanadi (K_3 -1 holtga o'tkaziladi). So'ngra 2-6 bandlar takrorlanadi va umumiy qarshiliklar topiladi.

Nazorat savollari

1. Tok kuchi deb qanday fizik kattalikka aytiladi. U qanday birliklarda o'lchanadi.
2. O'tkazgichlarda qarshilikning mavjud bo'lishini klassik elektron nazariyasi asosida tushuntiring.
3. O'tkazgichlarning qarshiligi va bu qarshilikning haroratga bog'liq formulasini tushuntiring, (12) formulani keltirib chiqaring.
4. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulashda hosil bo'ladigan natijaviy qarshiliklar formulasini yozing.
5. Butun zanjir, zanjirning bir qismi va bir jinsli bo'lmagan qismlari uchun Om qonunini, tok kuchining ishi va quvvati formulalarini yozing.
6. Ishning sxemasini chizing va uni bajarish tartibini tushuntiring.

Adabiyot

1. Nazarov O'.Q. «Umumiy fizika kursi» 2-qism (Elektr va elektromagnetizm) Toshkent, «O'zbekiston», 2002 yil.
2. Safarov A.S. «Umumiy fizika kursi» (Elektromagnetizm va to'lqinlar), Toshkent, «O'qituvchi», 1992 yil.
3. M.Ismoilov, P.Xabibullayev, M.Xaliulin «Fizika kursi» «O'zbekiston», Toshkent, 2000 yil.
4. Haydarova M.Sh., Nazarov O'.Q. «Fizikadan laboratoriya ishlari», Toshkent, «O'qituvchi» 1989 yil.
5. V.I. Kozlov. Obshiy fizicheskiy praktikum. Elektrichestvo i magnetizm Moskva, 1987 g.

5 - LABORATORIYA ISH

O'TKAZGICHNING QARSHILIGINI O'ZGARMAS TOK KO'PRIGI YORDAMIDA ANIQLASH

Ishdan maqsad: O'zgarmas tok vositasida o'tkazgich qarshiligini aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: reoxord, o'zgarmas tok manbai, qarshiliklar magazini, kalit, qarshiliklari aniqlanishi lozim bo'lgan ikkita o'tkazgich.

NAZARIY QISM

Elektr maydoni mavjud bo'lgan holda birinchi tur o'tkazgichlarda (metallarda) kristall panjara tugunlari orasida erkin elektronlarning tartibli harakati vujudga keladi. Bunday elektronlarning tartibli harakatiga elektr toki deyiladi. Elektr toki miqdoriy tomondan tok kuchi, deb ataladigan kattalik bilan xarakterlanadi.

Vaqt birligi ichida o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan o'tgan zaryad miqdoriga teng bo'lgan kattalik tok kuchi deyiladi. Tok kuchi skalyar kattalik bo'lib, umumiy ravishda quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Agar tokning qiymati va yo'nalishi o'zgarmasa bunday tokka o'zgarmas tok deyiladi. Tok kuchi birligi 1 Amper (A). Amper-vakuumba bir-biridan 1 m masofada joylashgan ikkita cheksiz uzun parallel o'tkazgichning har biridan tok o'tganda, o'tkazgichlar orasida ularning har bir metr uzunligiga $2 \cdot 10^{-7}$ n ga teng o'zaro ta'sir kuchini vujudga keltiradigan tok kuchidir.

O'tkazgich uchlarida kuchlanish bor bo'lgan hollardagina, o'tkazgichlarda elektr toki hosil bo'ladi. Bunda Ohm qonuniga asosan tok kuchi quyidagiga teng:

$$I = \frac{U}{R} \quad (2)$$

U-o'tkazgich uchlaridagi kuchlanish, R-o'tkazgich qarshiligidir. Metall o'tkazgich elektr manbaiga ulanganda, metall tarkibidagi erkin elektronlar ma'lum yo'nalishda tartibli harakat qila boshlaydi. Bu elektronlar tartibli harakat davomida kristall panjara tugunlarida joylashgan musbat ionlar bilan to'qnashadilar. Har bir to'qnashish natijasida elektronlar tartibli harakatini yo'qotadi.

Demak, erkin elektronlar har bir to'qnashish davomida o'zining tartibli harakat tezligi hisobiga olgan kinetik energiyasining bir qismini kristall panjarasidagi ionlarga uzatadi. Tok manbai elektronlarni qaytadan tezlashtiradi, ular yana panjarasidagi ionlar bilan to'qnashadi va x.k.

Elektronlarning tartibli harakatiga halakit beradigan to'siqlar yig'indisi o'tkazgichning qarshiligi R deyiladi.

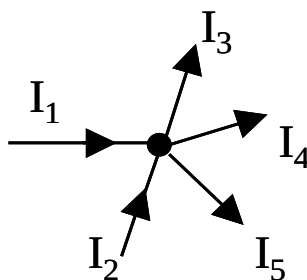
Ba'zi amaliy masalalarni yechishda birmuncha murakkab, tarmoqlangan zanjirlardagi tok kuchi, kuchlanish va hokazolarni aniqlashga to'g'ri keladi. Ohm qonuni formulalari asosida bu masalalarni hal qilishning imkoni bo'lsa ham bunda

ma'lum qiyinchilik yuzaga kelishi mumkin. Bunday masalalar Kirxgofning ikkita qoidasini e'tiborga olinsa ancha oson yechiladi.

Kirxgofning birinchi qoidasini ta'riflash uchun avval tugun tushunchasini ko'rib o'taylik. Uchta va undan ortiq o'tkazgichlar tutashgan zanjir nuqtasi tugun deb ataladi. (1-rasm) Tugunga kelayotgan toklar musbat ishora bilan tugundan ketayotgan toklar esa manfiy ishora bilan belgilanadi. Kirxgofning birinchi qoidasi shunday ta'riflanadi.

«Tugunga kelayotgan va undan ketayotgan toklarning algebraik yig'indisi nolga teng». 1-rasmda tasvirlangan toklar uchun Kirxgofning birinchi qoidasi ifodasi quyidagi ko'rinishda yoziladi: $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$ yoki

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0 \quad (3)$$



1-rasm

Kirxgofning birinchi qoidasi zaryadning saqlanish qonunining natijasidir. Kirxgofning ikkinchi qoidasi tarmoqlangan zanjir uchun Om qonunining umumlashtirishdan kelib chiqadi. 2-rasmda tasvirlangan zanjirni ko'raylik. Ixtiyoriy tarzda biror yo'nalishni, misol uchun soat strelkasi yo'nalishini musbat ishorali deb tanlab olaylik.

Konturni shu yo'nalish bo'yicha aylanib o'tuvchi kattaliklar (tok kuchi, kuchlanish) musbat ishorali, teskari yo'nalishda aylanib o'tuvchi kattaliklar manfiy ishorali deb qabul qilinadi. Masalan, konturni soat strelkasi bo'yicha aylanib o'tishida vujudga keltirilgan E.YU.K. musbat hisoblanadi.

Konturning har bir qismi uchun bir jinsli bo'lmagan Om qonunini qo'llaymiz.

$$I_1 R_1 = \varphi_A - \varphi_B + \varepsilon_1$$

$$I_2 R_2 = \varphi_B - \varphi_C - \varepsilon_2$$

$$I_3 R_3 = \varphi_C - \varphi_A + \varepsilon_3$$

Bu tenglamalarni hadma-had qo'shib quyidagi ifodani olamiz:

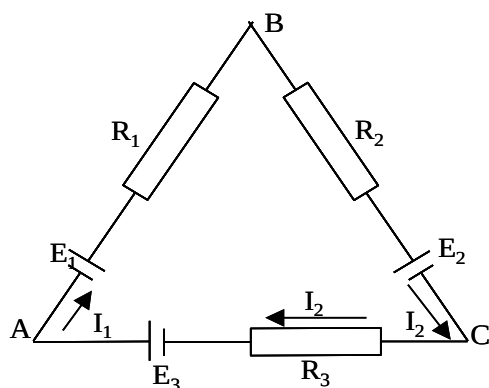
$$I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 \quad (4)$$

yoki umumiy tarzda

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (5)$$

Bundan Kirxgofning ikkinchi qoidasiga shunday ta'rif berish mumkin: Tarmoqlangan elektr zanjiridagi har qanday berk konturda konturning tegishli

qismlaridagi tok kuchining shu qism qarshiliklariga ko'paytmalarining yig'indisi konturdagi barcha E.YU.K. larning algebraik yig'indisiga tengdir.



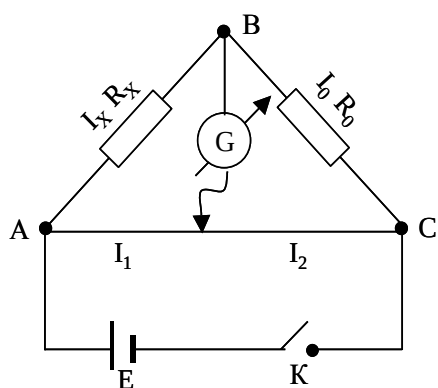
2-rasm

Kirxgof qoidalarini qo'llashda quyidagi shartlarga rioya qilish kerak: a) tok yo'nalishini to'g'ri tanlash lozim. Agar masalani yechishda manfiy tok qiymati hosil bo'lsa, demak uning haqiqiy yo'nalishi teskari tanlangan bo'ladi. b) konturni aylanib o'tish yo'lini to'g'ri tanlanishi kerak: d) tuzilgan tenglamalar soni noma'lum kattaliklar soniga teng bo'lishi lozim.

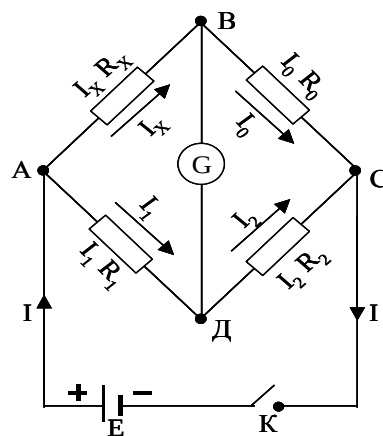
O'tkazgichlar qarshiligini o'lchashning turli usullari mavjuddir. Bu usullardan eng qulayi ampermetrda o'lchangan tok kuchi va voltmetrda aniqlangan kuchlanish qiymatlarini bilgan holda, zanjirning bir qismi uchun Om qonunidan foydalanib o'tkazgich qarshiligini aniqlashdir. Lekin bu usul yordamida qarshilikni aniqlashda ko'proq xatolikka yo'l qo'yiladi. Chunki o'lchov asboblari ampermetr va voltmترلarning ichki qarshiliklarining mavjudligi u tok kuchini va U kuchlanishni aniq o'lchashga imkon bermaydi. Natijada Om qonuni yordamida o'tkazgich qarshiligini o'lchashda xatolikka yo'l qo'yiladi.

Shuning uchun ko'pincha qarshiliklarni o'zaro taqqoslash vositasida aniqlash usulidan foydalaniladi. Bu usul o'zgarmas tok ko'prigi Uitston ko'prigi usulidir.

Uitston ko'prigi sxemasi R_0, R_1, R_2, R_x qarshiliklarning ABCD to'rtburchak shaklida ulanishidan hosil bo'ladi (3-rasm). Bu yerda R_0 - qarshiliklar magazini.



3-rasm



4-rasm

Bu sxemaning (3-rasm) bir diogonaliga tok manbai, ikkinchi diogonaliga esa sezgir galvanometr ulanadi. Galvanometr ulangan xuddi shu diogonal ko'prik vazifasini bajaradi. Bu sxema yordamida bajariluvchi barcha o'lchashlar galvanometrda tok kuchi qiymatining nolga teng bo'lishiga asoslangan. 3-rasmda tasvirlangan elektr zanjiridagi qarshiliklarning ixtiyoriy qiymatlarida galvanometr orqali tok o'tib turadi. Ammo, sxemadagi qarshiliklarning shunday qiymatlarini tanlagan holda galvanometrda tok o'tmasligini vujudga keltirish, yani galvanometrda tok kuchi qiymatining nolga teng bo'lishiga erishish mumkin.

Tajribada Uitson ko'prigida R_1 va R_2 qarshiliklar uzunligi 1 metr bo'lgan reoxord (sim tortilgan masshtabli chizgich) bilan almashtiriladi (4-rasm). Reoxord solishtirma qarshiligi juda katta bo'lgan bir jinsli ingichka sim bo'lib, bu sim orqali Δ kontakti siljitish mumkin. R_1 va R_2 qarshiliklar vazifasini ℓ_1 va ℓ_2 sim uzunliklari bajaradi.

Kalit yordamida ko'prikning ikkinchi diagonaliga tok manbai ulansa 4-rasm berk zanjirining barcha qismlaridan elektr toki o'ta boshlaydi. Yuqorida eslatib o'tilgandek qarshiliklarni shunday tanlash mumkinki, galvanometrda tok o'tmay qolsin. Ko'prikning shu holatini muvozanat holat deyiladi. Bu holatning amalga oshishi uchun R_0 , R_1 , R_2 qarshiliklar ma'lum tengliklarni qanoatlantiradigan tarzda tanlanib olinishi kerak. Masalan, galvanometrda tok nolga teng ($I_g=0$) bo'lgan paytda tabiiyki, nuqtalarning potentsiallari bir-biriga teng ya'ni $\varphi_B = \varphi_D$ bo'ladi. 3-rasmda ko'rsatilgan sxema uchun Kirxgof qoidalarini qo'llaymiz. Kirxgofning birinchi qoidasi

$$\begin{aligned} \text{A nuqta uchun} \quad I - I_1 - I_x &= 0 \\ \text{B nuqta uchun} \quad I_x - I_0 - I_g &= 0 \\ \text{D nuqta uchun} \quad I_g + I_1 - I_2 &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

ko'rinishda yoziladi. Zanjir asosan ABDA va BCDB konturlardan tashkil topganligini anglash qiyin emas. Shu konturlar uchun mos ravishda Kirxgofning ikkinchi qoidasini quyidagicha yozamiz.

$$\text{ABDA:} \quad I_x R_x + I_g R_g - I_1 R_1 = 0 \quad (7)$$

$$\text{BCDB:} \quad I_0 R_0 + I_2 R_2 - I_g R_g = 0 \quad (8)$$

Ko'prik muvozanat holatda bo'lishi uchun $I_g = 0$ shart bajarilishi lozim edi. Shu holat uchun (6) tengliklardan tok kuchi uchun

$$I_0 = I_x, \quad I_1 = I_2 \quad (9)$$

ifodalarga kelamiz. (7) va (8) tengliklardan esa

$$I_x R_x = I_1 R_1, \quad I_0 R_0 = I_2 R_2 \quad (10)$$

ifodalar kelib chiqadi. Bu tengliklarni hadlab birini ikkinchisiga bo'lamiz

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2} \quad (11)$$

Bundan noma'lum qarshilikni aniqlovchi ifodani olamiz:

$$R_x = R_0 \frac{R_1}{R_2} \quad (12)$$

yoki R_1 va R_2 qarshiliklarni reoxord simining yelka uzunliklari ℓ_1 va ℓ_2 lar bilan almashtirib quyidagi ifodaga ega bo'lamiz.

$$R_x = R_0 \frac{\ell_1}{\ell_2} \quad (13)$$

Bu yerda reoxord simining barcha uzunligi bo'ylab uning ko'ndalang kesimi bir xil deb qabul qilingan.

Ishni bajarish tartibi

1. Sxema bilan batafsil tanishiladi. Tajriba natijalarini yozish uchun quyidagi jadval chiziladi. Noma'lum qarshilik sifatida R'_x qarshilikni o'tkazgich zanjirga ulanadi.

2. Qo'zg'aluvchan Π kontakti reoxord simining o'rtasiga ($\ell_1 = \ell_2 = 50$ sm) qo'yib qarshiliklar magazinidan R_0 ning qiymati shunday tanlab olinadiki, galvanometrdan o'tayotgan tok kuchi $I_g = 0$ bo'lsin. So'ngra Π kontakt siljutilib galvanometrdagi tok kuchi aynan «0» ga keltiriladi. ℓ_1 va ℓ_2 ning qiymatlari jadvalga yoziladi.

3. So'ngra reoxordning ℓ_1 30, 40, 60, 70 sm qiymatlari uchun ham R_0 qarshilik tanlab olinadi va har bir uzunlik uchun galvanometrdan o'tayotgan tok nolga keltiriladi. O'lchab olingan kattaliklar asosida (13) formuladan foydalanib noma'lum qarshilik hisoblab topiladi va uning o'rtacha qiymati aniqlanadi, ℓ_1 , ℓ_2 , R_0 larning qiymatlari jadvalga yoziladi.

Jadval

Qarshiliklar	N	R_0 (Om)	ℓ_1 (m)	ℓ_2 (m)	R_x (Om)	$\langle R_x \rangle$	ΔR_x	$\langle \Delta R_x \rangle$	$\frac{\langle \Delta R_x \rangle}{\langle R_x \rangle} \cdot 100 \%$
R'_x	1 2 3								
R''_x	1 2 3								
R'_x va R''_x lar parallel ulangan	1 2 3								
R'_x va R''_x lar ketma-ket ulangan	1 2 3								

4. Zanjirga qarshiligi R''_x bo'lgan o'tkazgich ulanadi, 2-3 bandlar takrorlanib (13) formula yordamida ikkinchi o'tkazgichning qarshiligi va uning o'rtacha qiymati aniqlanadi.

5. R'_x va R''_x qarshiliklar elektr zanjiriga avval parallel so'ngra ketma-ket ulanadi. Har ikki hol uchun 2-3 bandlar takrorlanib (13) formula yordamida umumiy qarshiliklar R_{par} va $R_{\text{k-k}}$ hisoblab topiladi. O'tkazgichlar parallel ulangandagi umumiy qarshilik R_{par} ning hamda ketma-ket ulangandagi umumiy qarshilik $R_{\text{k-k}}$ ning o'rtacha qiymatlari aniqlanadi.

6. O'tkazgichlarni parallel va ketma-ket ulab topilgan tajriba natijalarini nazariy yo'l bilan chiqarilgan formulalar: ketma-ket ulash uchun $R_{k-k} = R'_x + R''_x$, parallel ulash uchun $R_{\text{nap}} = \frac{R'_x \cdot R''_x}{R'_x + R''_x}$ orqali hisoblab topilgan natijalar bilan taqqoslanadi.

7. Olingan natijalar bo'yicha R'_x va R''_x karshiliklar uchun absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi. Olingan natijalar yuqoridagi jadvalga yoziladi.

Nazorat savollari

1. O'tkazgich qarshiligi qanday fizik kattalik va klassik elektron nazariyasi asosida u qanday tushuntiriladi.
2. Kirxgof qoidalarini tushuntiring.
3. Uitson ko'prigi sxemasini chizing. Bu ko'prik usuli yordamida qarshilikni o'lchashning mohiyatini izoxlab b'Yering.
4. Reoxordning vazifasini tushuntiring.
5. Kirxgof qoidalari yordamida galvanometrdan tok o'tmasligi sharti asosida noma'lum qarshilikni hisoblash formulasini isbotlang.

Adabiyot

1. Nazarov O'.Q. «Umumiy fizika kursi» 2-qism (Elektr va elektromagnetizm) Toshkent, «O'zbekiston», 2002 yil.
2. Safarov A.S. «Umumiy fizika kursi» (Elektromagnetizm va to'lqinlar), Toshkent, «O'qituvchi», 1992 yil.
3. M.Ismoilov, P.Xabibullayev, M.Xaliulin «Fizika kursi» «O'zbekiston», Toshkent, 2000 yil.
4. Haydarova M.Sh., Nazarov O'.Q. «Fizikadan laboratoriya ishlari», Toshkent, «O'qituvchi» 1989 yil.
5. V.I. Kozlov. Obshiy fizicheskiy praktikum. Elektrichestvo i magnetizm Moskva, 1987 g.

6 - LABORATORIYA ISHI

ELEKTRON LAMPANING ISHLASHINI O'RGANISH VA KATODNING HARORATINI ANIQLASH

Ishdan maqsad: Elektron lampa tuzilishi bilan tanishish va uning yordamida katodning haroratini aniqlash.

Kerakli asbob buyumlar: ikki elektrodli elektron lampa, 120 V va 6 V li o'zgarmas tok manbalari, ikkita potentsiometr, ikkita voltmeter, ampermetr, milliampermetr.

NAZARIY QISM

Metallar kristall panjara tuzilishiga ega bo'lib, panjara tugunlarida metall atomlari (musbat ionlar) joylashgan bo'ladi. Normal haroratda metall atomlarining valentlik elektronlari o'z atomlarini tark etib erkin elektronlarga aylanadi. Erkin elektronlar klassik elektron nazariya nuqtai nazaridan "elektron gaz" deb ham ataladi. Bu elektronlar muvozanat vaziyatiga nisbatan tebranma harakatda ishtirok etuvchi musbat ionlar atrofida tartibsiz va to'xtovsiz issiqlik harakatida ishtirok etadilar.

Elektronlarning issiqlik harakat tezligi bir xil bo'lmay, turli qiymatga ega bo'lishi tabiiy. Agar elektronlar biror sabab ta'sirida metall sirtidan biror tezlik bilan chiqayotgan bo'lsa, sirtida musbat ionlarning ortiqchaligi vujudga keladi. Natijada, elektronlar bilan musbat zaryadlar orasida tortishuvchi Kulon kuchi paydo bo'ladi. Bu kuch metall ichiga yo'nalgan bo'lib, uning ta'sirida elektronlar metall sirtiga qaytib tushadi. Agar elektronlarning tezligi nisbatan kattarok bo'lsa, bunday elektronlar metall sirtidan bir necha atom oralig'iga teng bo'lgan masofaga uzoqlashishi mumkin. Natijada metall sirti atrofida manfiy zaryadli elektronlar buluti hosil bo'ladi. Metall sirti esa elektronlarning yetishmasligi tufayli musbat zaryadlanib qoladi. Demak, metallning sirtida va unga yaqin bo'lgan bo'shliqda ikki xil ishorali qo'sh qatlam vujudga kelar ekan (1-rasm). Bu qo'sh qatlamni turli ishora bilan zaryadlangan yassi kondensator qoplamlariga o'xshatish mumkin. Tekshirishlarning ko'rsatishicha har qanday sharoitda ham aynan tekshirilayotgan metall uchun bunday qo'sh qatlam orasidagi potentsiallar ayirmasi o'zgarmas bo'lar ekan. Kondensatorga o'xshash bo'lgan qo'sh qatlam orasidagi elektr maydon metalldan elektronlarning o'z-o'zidan keyingi uchib chiqishiga qarshi ta'sir ko'rsatadi, ya'ni to'siq vazifasini bajaradi. To'siqdan o'ta olmagan elektronlarni ba'zan potentsial chuqurlikka tushib qolgan elektronlariga qiyos qilinadi. Haqiqatan ham, to'siqni yengib o'tish uchun yoki chuqurlikdan chiqish uchun elektron ma'lum miqdordagi energiyaga ega bo'lishi kerak. Fizik mazmuni o'xshash bo'lganligi sabali to'siqni potentsial to'siq (baryer), uning chuqurligini esa potentsial chuqurlik (o'ra) deb ham yuritiladi.

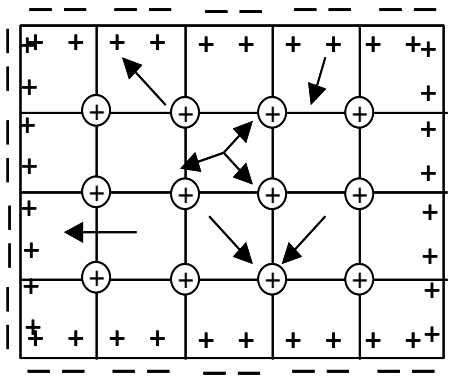
Elektron potentsial chuqurlikni yengib metall tashqarisiga chiqishi uchun ma'lum miqdorda ish bajarishi kerak. Bu ishga elektronning metalldan chiqish ishi (A_{ch}) deyiladi.

$$A_{ch} = \Delta\varphi e$$

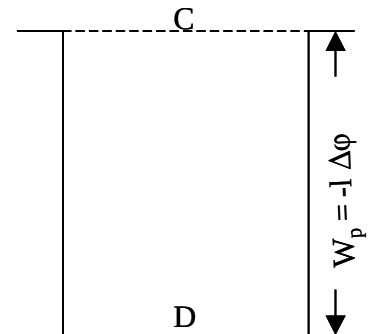
Chiqish ishiga quyidagicha ta'rif berish mumkin. Elektronning metalldan hiqish ishi deb qo'shqatlam orasidagi potentsiallar ayirmasining elektron zaryadiga ko'paytmasiga aytiladi, ya'ni Chiqish ishi metallning tabiatiga, kimyoviy tarkibiga va metall sirtining tozaligiga bog'liqdir. Toza metallar uchun potentsial chuqurlikning eng yuqori sathida (C nuqtasida) elektronlarning potentsial enYergiyasi nolga teng ($W_p = 0$) deyilsa, chuqurlik tubidagi nuqtada turgan valentlik elektronlarning potentsial energiyasi manfiy qiymatga ega bo'ladi (2-rasm).

$$W_p = -e \cdot \Delta\phi$$

Xuddi shu energiya elektronning yuqorida aytib o'tilgan chiqish ishiga teng bo'ladi $W_p = -e \cdot \Delta\phi = A_{ch}$ elektronlarning kinetik energiyasi chiqish ishidan katta yoki unga teng bo'lgandagina, ya'ni $\frac{mv^2}{2} \geq A_{ch}$ holdagina ular metaldan chiqishi mumkin.



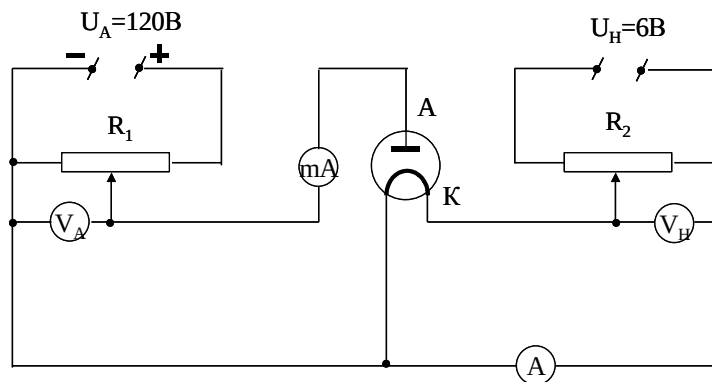
1-rasm.



2-rasm.

Erkin elektronlarning kinetik energiyasi turli xil usullar bilan orttirilishi mumkin. Bu usullardan biri metallarni qizdirishdir. Metallarning qizdirilishi natijasida ulardan elektronlarning ajralib chiqish hodisasiga termoelektron emissiya deyiladi. Termoelektron emissiya hodisasi asosida ishlaydigan asboblarning bir turi elektron lampalardir. Bu ishda elektron lampalardan eng soddasi bo'lmish ikki elektrodli elektron lampa diodning ishlash printsiipi, shuningdek uning volt-amper xarakteristikasi o'rganiladi.

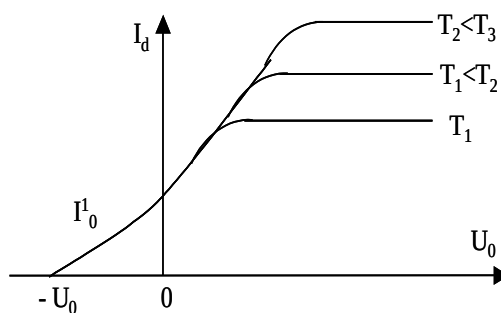
Lampani va o'lchash asboblarini ulash sxemasi 3-rasmda ko'rsatilgan.



3-rasm

Sxemaning asosiy elementi ikki elektrodli lamp (diod) dir. Diod ichidan havosi so'rib olingan va ikki elektrod (K-katod va A-anod) kavsharlangan shisha yoki metall-sopol ballondan iborat. Anod tok manbaining musbat qutbiga, katod esa manfiy qutbiga ulanadi. Ko'pincha katod ingichka to'g'ri sim shaklida bo'lib, yuqori haroratlarga chidamli metallardan tayyorlanadi (masalan volframdan). Anod esa, katodga nisbatan koaksial silindir shaklida bo'ladi. Katod odatda E.YU.K. 6 voltli o'zgaras tok manbai yordamida qizdiriladi. Reostat R_2 vositasida (3-rasm) katoddan o'tayotgan tok kuchini orttirib katodning cho'g'lanish haroratini o'zgartirish mumkin. 120 Voltli o'zgaras tok manбайдan diod elektrodleri orasiga U_a kuchlanish beriladi. Bu kuchlanish anod kuchlanishi deyiladi. U_a anod kuchlanishi qiymatini reostat R_1 yordamida o'zgartirish va uni V_A voltmetr orqali o'lchash mumkin. Milliampmetr A anod tokini o'lchash uchun qo'llaniladi.

Anod tokining anod kuchlanishiga bolliqlik grafigi $I_a = f(U_a)$ ga diodning voltamper xarakteristikasi deyiladi. 4-rasmda katod haroratining turli qiymatlari: T_1, T_2, T_3 lar uchun diodning volt-ampere xarakteristikasi ko'rsatilgan. Katodning harorati ortgan sari undan potentsial to'siqni engib chiqayotgan, ya'ni erkin holatga o'tayotgan elektronlarning soni ham ortib boradi. Anod kuchlanishi $U_a=0$ bo'lganda katoddan chiqayotgan elektronlar katod atrofida elektronlar bulutini hosil qiladi. Garchi anod va katod o'rtasida kuchlanish bo'lmasa ham katoddan chiqayotgan elektronlarning juda katta tezlikka ega bo'lgan qismi anodga kelib tushadi. Natijada kuchsiz I'_a - anod toki vujudga keladi.



4-rasm

Lampaning volt-ampere xarakteristikasidan ko'rinadiki, anod kuchlanishi (U_a) ortib borishi bilan anod toki ham ortib borar ekan. Haqiqatan ham, bunda anodga yetib kelayotgan elektronlar soni ortadi. Anod tokining anod kuchlanishiga bog'liqligi o'tkazgichlar uchun o'rinli bo'lgan Om qonuniga mos kelmaydi. $I_a = f(U_a)$ bog'liqlikni xarakterlaydigan egri chiziq-grafikning analitik formulasini Boguslavskiy va Lengmyur nazariy yo'l bilan aniqlaganlar. Bu formula quyidagi ko'rinishga ega ekan: $I_a = BU_a^{\frac{3}{2}}$, bu ifodaga Boguslavskiy-Lengmyur qonuni yoki uch taqsim ikki qonuni deyiladi. Bu ifodada B elektrodlerining kattaligi va o'zaro joylashishi bilan bog'liq bo'lgan o'zgaras son.

Anod kuchlanishini yanada orttirsak, uning biror qiymatidan boshlab anod tokining o'sishi to'xtaydi. Qiymati o'sishidan to'xtagan bu tokni to'yinish toki deyiladi. To'yinish tokining yuzaga kelishiga sababchi bo'lgan anod

kuchlanishining $U_a=U_t$ qiymati quyidagi mazmunga ega: kuchlanishning bu qiymatida berilgan harorat uchun katoddan birlik vaqt ichida chiqqan elektronlarning barchasi anodga kelib tushadi. Demak, elektronlar soni endi o'zgarmas bo'lganligi (ortmaganligi) sababli anod toki ham o'zgarmaydi. Tabiiyki, to'yinish toki yuzaga kelishi bilan anod toki va anod kuchlanishi orasidagi bog'liqlik ham buziladi, chunki grafik o'z ko'rinishini o'zgartiradi. Bu bilan Boguslavskiy-Lengmyur qonuni ham o'z ahamiyatini yo'qotadi.

Anod tokini yana oshirish uchun endi katodni kattaroq haroratgacha qizdirish lozim bo'ladi (4-rasmga qarang).

Metall qarshiligining haroratiga bog'liqligi formulasidan foydalanib katodning haroratini aniqlash mumkin.

$$R_t = \alpha R_0 T \quad (1)$$

Bu yerda R_0 katod simining $t=0^\circ\text{C}$ dagi qarshiligi, α – qarshilikning harorat koeffitsienti, T -haroratning Kelvin shkalasidagi qiymati.

Zanjirdagi voltmetr va ampermetr yordamida katod kuchlanishi U_k hamda katod toki I_k o'lchanadi. O'lchasdan olingan qiymatlar yordamida Om qonuniga ko'ra shu haroratdagi katod qarshiligini aniqlash mumkin.

$$R_t = \frac{U_k}{I_k} \quad (2)$$

Tajriba o'tkazilayotgan xona haroratidagi katod qarshiligi (1) ifodaga o'xshash bo'lgan quyidagi formula asosida aniqlanadi.

$$R_x = \alpha R_0 T_x \quad (3)$$

Bu yerda $T_x = 273^\circ + t_x$, t_x - Selsiy shkalasidagi xona harorati (biz ishlatadigan diod uchun $R_x = 0,5 \text{ Om}$, $t_x = 20^\circ\text{C}$) (1), (2) va (3) tenglamalarni birgalikda yechib quyidagi ifodani hosil qilish mumkin.

$$T = \frac{U_k}{I_k} \cdot \frac{T_x}{R_x} \quad (4)$$

$\frac{T_x}{R_x}$ nisbat o'zgarmas bo'lgani uchun uni C deb belgilab (4) ni

$$T_k = C \cdot \frac{U_k}{I_k} \quad (5)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Demak, katodning harorati faqat undan o'tgan tok kuchi va berilgan kuchlanishga bog'liq ekan.

Ishni bajarish tartibi

1. 3 a-rasmda tasvirlangan elektr sxema yig'iladi va so'ngra quyidagi jadval chizib olinadi.

$\begin{matrix} U_a \\ U_k \end{matrix}$	10	20	30	40	50	60	70	I_a	I_k	T_k
1,9										
2,1										
2,2										

2. Katodga $I_k = 1,9 \text{ V}$ kuchlanish beriladi va katod tokining qiymati yozib olinadi.

3. Katod qiziguncha 2-3 minut kutiladi.

4. R_1 reostat yordamida anod kuchlanishining boshlang'ich qiymati $\Delta U_a = 10V$ ga keltiriladi va anod toki I_a o'lchanib yozib olinadi. So'ngra R_1 reostat yordamida anod kuchlanishi oshirilib, uning 20, 30, 40 V qiymatlaridagi I_a anod tokining qiymati yozib olinadi. Tajriba anod toki qiymati to'yinish tokiga yetguncha davom ettiriladi. (To'yinish tokiga yetganda milliampermetrning ko'rsatishi o'zgarmay qoladi).

5. Shundan so'ng katoddagi kuchlanish orttirilib, uning 2,1; 2,2; 2,4; 2,6 V ga teng qiymatlarining har birida 4-bandda bajarilgan tajriba takrorlanadi. Har bir katod kuchlanishiga mos kelgan katod toki yozib boriladi.

6. Tajribadan olingan natijalarga asosan diodning volt-amper xarakteristikasi chiziladi. Bunda har bir haroratga alohida volt-amper xarakteristika egri chizig'i to'g'ri keladi. Bir necha harorat qiymatlari uchun egri chiziqlar to'plami hosil qilinadi.

7. (5) formuladan foydalanib U_k ning har bir qiymati uchun katodning harorati aniqlanadi.

Nazorat savollari

1. Termoelektron emissiya hodisasini metallarning kristall panjaraviy tuzilishi asosida tushuntiring.

2. Potentsial chuqurlikning fizik mazmunini tushuntirib bering.

3. Elektronlarning metallardan chiqish ishi deb qanday kattalikka aytiladi.

4. Ikki elektrodli elektron lampa-diodning tuzilishi va ishlash printsipini tushuntiring.

5. Diodning volt-amper xarakteristikasi qanday aniqlanadi.

6. To'yinish tokining yuzaga kelishiga sabab nima. To'yinish toki qiymatining katodning haroratiga bog'liqligi qanday yuzaga keladi.

7. Boguslavskiy-Lengmyur qonunini tushuntiring.

8. Laboratoriya ishi qanday sxema asosida bajariladi. Sxemaning ishlash printsipini tushuntirib bering.

Adabiyot

1. Nazarov O'.Q. «Umumiy fizika kursi» 2-qism (Elektr va elektromagnetizm) Toshkent, «O'zbekiston», 2002 yil.

2. Safarov A.S. «Umumiy fizika kursi» (Elektromagnetizm va to'lqinlar), Toshkent, «O'qituvchi», 1992 yil.

3. M.Ismoilov, P.Xabibullayev, M.Xaliulin «Fizika kursi» «O'zbekiston», Toshkent, 2000 yil.

4. Haydarova M.Sh., Nazarov O'.Q. «Fizikadan laboratoriya ishlari», Toshkent, «O'qituvchi» 1989 yil.

5. V.I. Kozlov. Obshiy fizicheskiy praktikum. Elektrichestvo i magnetizm Moskva, 1987 g.

7 - LABORATORIYA ISHI

G'ALTAKNING INDUKTIVLIGINI, TO'LA KUCHLANISH VA TOK ORASIDAGI FAZA SILJISHINI HAMDA MUHITNING MAGNIT SINGDIRUVCHANLIGINI ANIQLASH

Ishdan maqsad: induktiv qarshilik va muhitning magnit singdiruvchanligini o'zgaruvchan tok qonunlaridan foydalanib tajribada aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: g'altak (solenoid), temir o'zak, reostat, o'zgaras tokni o'lchaydigan ampermetr va voltmeter o'zgaruvchan tokni o'lchaydigan ampermetr va voltmeter, o'zgaras va o'zgaruvchan tok manbalari. Qayta ulagich (pereklyuchatel).

NAZARIY QISM

Berk kontur bilan chegaralangan sirtni kesib o'tuvchi magnit maydon induksiya vektori oqimining har qanday o'zgarishi shu konturda elektr tokini hosil qiladi (Faradey tajribalari). Bu tok induksion tok deyiladi. Shu tokning qayd qilinishi konturda EYUK mavjud ekanligini bildiradi. Bu EYUK induksion EYUK deyiladi. Induksion tokning hosil bo'lish jarayoniga elektromagnit induksiya hodisasi deyiladi. Tajriba natijalarining ko'rsatishicha, induksion EYUKning qiymati berk kontur o'rab turgan sirt orqali o'tayotgan magnit maydon oqimining o'zgarish tezligi $\frac{d\Phi_M}{dt}$ ga proporsional ekan, ya'ni:

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi_M}{dt} \quad (1)$$

bu yerdagi manfiy ishora induksion tokning magnit maydon oqimi shu tok hosil qilgan asosiy magnit maydon induksiyasi oqimining o'zgarishiga qarama-qarshi yo'nalgan ekanligini ko'rsatadi (Lents qoidasi).

Elektromagnit induktsiyasining xususiy hollaridan biri o'zinduksiya hodisasidir. Agar g'altakdan o'tayotgan tok kuchi o'zgarayotgan bo'lsa, u hosil qilayotgan magnit maydon induktsiyasining shu g'altak o'ramlari bilan chegaralangan sirtni kesib o'tuvchi oqim ham o'zgaradi. Bu esa, o'z navbatida, g'altakda EYUK ni induktsiyalaydi. G'altakdan o'tayotgan tokning o'zgarishi tufayli shu g'altakda induksiya tokining uyg'otilishiga (vujudga kelishiga) o'zinduksiya hodisasi deb ataladi. Vujudga kelgan induksion tok shunday yo'nalgan bo'ladiki, u tok ortsa uni kamaytirishga, aksincha, tok kamaysa, uni tiklashga harakat qiladi. Umuman, konturdan o'tayotgan tok vujudga keltirgan va shu tok konturi o'rab turgan yuza orqali o'tayotgan magnit induktsiyasi oqimi tok kuchiga proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$\Phi = LI \quad (2)$$

Agar koeffitsient o'zgaras bo'lsa, maydon oqimi o'zgarishi faqat tok kuchi o'zgarishiga bog'liq bo'ladi:

$$d\Phi = LdI \quad (3)$$

(3) ifodani e'tiborga olib (1) ni

$$\varepsilon_{o'z} = -L \frac{dI}{dt} \quad (4)$$

ko'rinishda yozish mumkin, bu yerda $\varepsilon_{o'z}$ - o'zinduktsiya EYUK, L-g'altakning induktivligi yoki o'zinduktsiya koeffitsiyenti deb ataladi. Induktivlik o'tkazgichning o'lchamiga, shakliga va muhitning magnit singdiruvchanligi μ ga bog'liq kattalikdir. Muhitning magnit singdiruvchanligi deb muhit ichida hosil bo'lgan umumiy maydon induktsiyasi (B) ning muhit o'rnida bo'shliq bo'lgandagi maydon induktsiyasi (B_0) ga nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi, ya'ni: $\mu = \frac{B}{B_0}$ (3) va (1) formulalardan g'altakning induktivligini quyidagicha ifodalash mumkin.

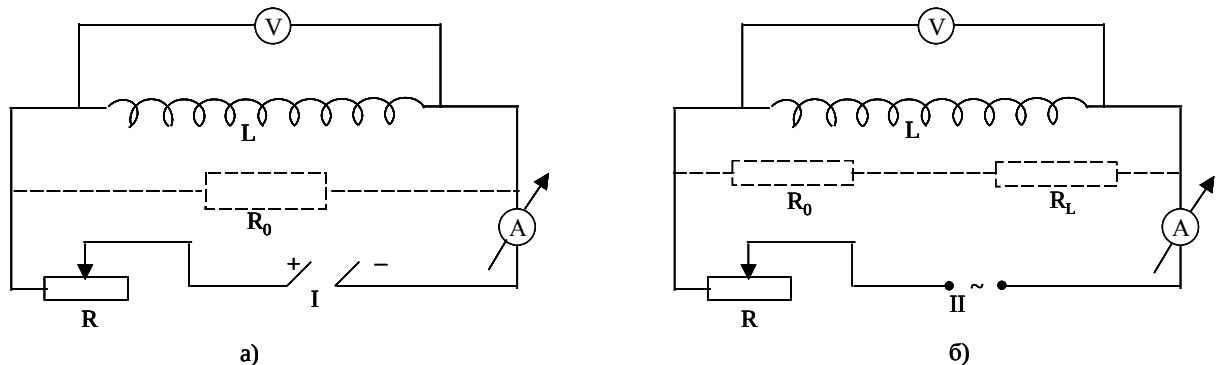
$$L = \frac{\varepsilon_i}{\frac{dI}{dt}} \quad (5)$$

Agar (5) ga $\varepsilon_i = 1 \text{ V}$, $\frac{dI}{dt} = 1 \frac{\text{A}}{\text{c}}$, bo'lsa, g'altakning induktivligi 1 genri (Gn)

bo'ladi. Demak, g'altak induktivligining birligiga shunday ta'rif berish mumkin: agar g'altakdan oqib o'tayotgan tok kuchi 1 s da 1 A o'zgarganida 1 V o'zinduktsiya EYUK hosil bo'lsa, shu g'altakning induktivligi 1 Gn ga teng bo'ladi. G'altakning induktivligi undagi o'ramlar soniga bog'liq. O'ramlar soni qancha ko'p bo'lsa, induktivlik shuncha katta bo'ladi. Ayniqsa, g'altak ichiga temir o'zak kiritilgan bo'lsa, induktivlik yanada kattalashadi. Shuning uchun ham induktivlikni oshirish lozim bo'lganda o'zakli g'atakdan foydalaniladi.

Bu ishni bajarishdan maqsad g'altakning induktivligi L ni, muhitning magnit singdiruvchanligi μ ni va tok kuchi bilan kuchlanish orasidagi faza siljishini aniqlashdir. Buning uchun 1-rasmda tasvirlangan elektr sxemadan foydalanamiz.

Bunda L induktivligi aniqlanishi lozim bo'lgan g'altak, R_0 -g'altak simlarining aktiv (omik) qarshiligi, R_L -g'altakning o'zgaruvchan tokka nisbatan induktiv (reaktiv) qarshiligi, R-reostat, V-voltmetr, A-ampermetr, P-pYereklyuchatel (ikki qutbli kalit), I=<< - >> - o'zgarmas tok manbai.



1-rasm

Induktiv g'altak o'zgaras tok manbaiga ulansa II-I holatga qo'yiladi, 1. a-rasm, u faqat aktiv qarshilikka ega bo'ladi. Bu qarshilik elektr zanjiridagi U voltmetr va A ampermetr yordamida $R_0 = \frac{U}{I}$ ifodaga asosan aniqlanadi. Shundan so'ng g'altak o'zgaruvchan tok manbaiga ulanadi (II -II holatga o'tkaziladi, 1. b-rasm). Bu holda g'altak aktiv qarshilikka ega bo'lishi bilan birga induktiv qarshilikka ham ega bo'ladi. R_0 - ni aktiv qarshilik deyilishiga sabab shundaki, undan tok o'tganida Joule-Lents issiqligi ajralib chiqadi. R_L -reaktiv qarshilikda esa bunday issiqlik ajralib chiqmaydi.

O'zgaruvchan tok sinuslar qonuniga bo'ysinadi, ya'ni

$$I = I_0 \cdot \sin \omega t \quad (6)$$

bu yerda I - o'zgaruvchan tokning ixtiyoriy t vaqtdagi qiymati, I_0 - tokning maksimal qiymati, ω - o'zgaruvchan tokning siklik (doiraviy) chastotasi deyiladi, ν - esa chiziqli chastota ($\nu = 50$ Gts). O'zgaruvchan tokning garmonik ravishda vujudga kelishi shu tok manbai bo'lgan EYUK ning ham garmonik tarzda o'zgarishini bildiradi:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \sin \omega t \quad (7)$$

Ko'rib o'tganimizdek, g'altakdan o'tayotgan tok kuchi o'zgarganda unda o'zinduktsiya EYUK hosil bo'lgani kabi, o'zgaruvchan tok o'tayotganda ham shu g'altakda o'zinduktsiya EYUK hosil bo'ladi. 1-rasmdagi sxemaga berk zanjir uchun Om qonunini tatbiq etsak,

$$IR = \varepsilon + \varepsilon_{y3} \quad (8)$$

ifodaga ega bo'lamiz. Bu ifodaga (4) va (7) formulalardagi qiymatlarni keltirib qo'ysak:

$$IR = \varepsilon_0 \cdot \sin \omega t - L \frac{dI}{dt} \quad (9)$$

bu Yerda $L \frac{dI}{dt}$ induktiv qarshilikka mos keluvchi kuchlanish tushishidir. (6) ifodani vaqt bo'yicha differentsiallab natijasini (9) ga qo'ysak, quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz.

$$I_0 R \sin \omega t + I_0 L \omega \cos \omega t = \varepsilon_0 \sin \omega t \quad (10)$$

Bunda $\cos \omega t = \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$ ekanligini e'tiborga olsak, (10) ifoda

$$I_0 R \sin \omega t + I_0 L \omega \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = \varepsilon_0 \sin \omega t \quad (11)$$

ko'rinishga keladi. (11) formuladagi

$$I_0 R \sin \omega t = U \quad (12)$$

kattalik g'altakning aktiv qarshiligiga mos kelgan kuchlanish tushishidir.

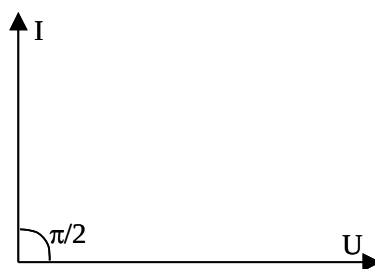
$$I_0 \omega L \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = U_L \quad (13)$$

esa, induktiv qarshilikka mos kelgan kuchlanish tushishini ifodalaydi. (13) formulaga $I_0 \omega L = U_L$ belgilash kiritsak, u induktiv qarshilikdagi kuchlanishning amplitudaviy yoki maksimal qiymati bo'ladi. Zanjirning bir qismi uchun Om

qonuni e'tiborga olinsa, $\omega \cdot L$ ko'paytma haqiqatan ham qarshilik ma'nosiga ega ekanligi ayon bo'ladi. Bu ifoda

$$R_L = \omega \cdot L \quad (14)$$

deb belgilanadi va u g'altakning induktiv qarshiligi deyiladi. (14) ifodadan ko'rinadiki, induktiv qarshilik o'zgaruvchan tokning davriy chastotasiga proporsional ekan. Chastota ortishi bilan induktiv qarshilik ham ortib boradi. Agar $\omega = 0$ bo'lsa, ya'ni tok o'zgarmas bo'lsa $R_L = 0$ bo'ladi. Bu holda g'altakda fakat aktiv qarshilik ishtirok etadi. Agar (13) va (6) formulalarni o'zaro taqqoslasak, g'altakning induktiv qarshiligidagi kuchlanishning pasayishi undan o'tayotgan tokka nisbatan faza bo'yicha $\frac{\pi}{2}$ ga oldin ketishi kelib chiqadi (2-rasm). Ikkinchi tomondan, (12) va (13) ifodalardan ko'rinadiki, induktiv qarshilikdagi kuchlanish tebranishi



2-rasm

aktiv qarshilikdagi kuchlanish tebranishidan faza bo'yicha $\frac{\pi}{2}$ ga oldin ketar ekan.

Shuning uchun ham g'altakdan o'zgaruvchan tok o'tayotgan paytda hosil bo'lgan kuchlanishlarning natijaviy kattaligini topish qiyinchilik tug'diradi. Bunday hollarda kuchlanishlarni vektor diagramma ko'rinishda qo'shish qulaydir. Buning uchun aktiv qarshilikdagi kuchlanish qiymatini vertikal o'qqa, induktiv qarshilikdagi kuchlanish qiymatini gorizontall o'qqa joylashtiramiz (3-rasm). To'la kuchlanish esa ikki vektorga qurilgan parallelogrammning diagonaliga yoki ikki vektorning geometrik yig'indisiga teng bo'ladi.

Pifagor teoremasiga asosan to'la kuchlanish ifodasini

$$U_0 = \sqrt{I_0^2 \omega^2 L^2 + I_0^2 R^2} \quad (15)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Bundan tok kuchining maksimal qiymati,

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \quad (16)$$

ga teng bo'ladi.

Lekin o'zgaruvchan tokka mo'ljallangan elektr o'lchov asboblari tok va kuchlanishning maksimal qiymatini ko'rsatmay, balki effektiv (ish berish) qiymatlari (I_{eff} va U_{eff}) ni qayd qiladi. O'tkazgichdan o'zgaruvchan tok o'tayotgan ma'lum vaqt ichida qancha miqdorda issiqlik ajralayotgan bo'lsa, shu vaqt ichida shu o'tkazgichdan shuncha issiqlik ajratib chiqaradigan o'zgarmas tok qiymatiga o'zgaruvchan tokning effektiv qiymati yoki ish beradigan qiymati deyiladi.

Hisoblashlar

$$I_{\varpi\phi\phi} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}, \quad U_{\varpi\phi\phi} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad (17)$$

ekanligini ko'rsatadi. (17) tengliklarni (16) ga qo'yib o'zgaruvchan tok uchun Om qonuni ifodasiga ega bo'lamiz:

$$I_{\varphi\phi\phi} = \frac{U_{\varphi\phi\phi}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \quad (18)$$

bu yYerdagi

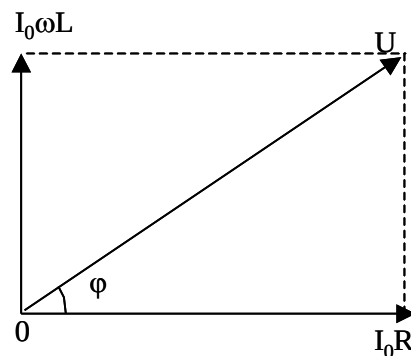
$$\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} = z \quad (19)$$

ifoda o'zgaruvchan tok zanjirining to'la qarshiligi deb ataladi. (19) dan g'altakning induktivligini aniqlaymiz:

$$L = \frac{\sqrt{z^2 - R^2}}{\varpi} \quad (20)$$

2 va 3-rasmlarni tahlil qilish natijasida I_0 tok kuchi bilan to'la kuchlanish orasidagi burchak φ ga teng ekanligi kelib chiqadi. φ burchak tok kuchi bilan kuchlanish orasidagi faza siljishi deb ataladi va uning qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$tg\varphi = \frac{I_0\omega L}{I_0R} = \frac{\omega L}{R} \quad (21)$$



3-rasm.

Ishni bajarish tartibi

1. 1-rasmda tasvirlangan elektr zanjir yig'iladi. Olingan natijalarni yozish uchun quyidagi jadval chiziladi.

Jadval

[illegible]

2. Sxema o'zgaras tok manbaiga (1-holat) ulanadi. Ampermetr va voltmeter yordamida tok kuchi va kuchlanish o'lchab olinadi. $R = \frac{U}{I}$ formuladan g'altakning aktiv qarshiligi hisoblab topiladi.

3. Sxema o'zgaruvchan tok manbaiga (2-holat) ulanadi. Bunda tok va kuchlanishning effektiv qiymatlari o'lchanadi va $z = \frac{U_{\varphi}}{I_{\varphi}}$ formula yordamida hisoblanadi. So'ngra bu formuladan foydalanib kuchlanish va tok kuchining 5 xil qiymatlari uchun z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 lar hisoblab topiladi.

4. (20) formulaga z va R ning o'rtacha qiymatlarini qo'yib induktivlik genrilar (G_n) topiladi.

5. (21) formula yordamida $tg\varphi$ va u orqali φ ning qiymati topiladi.

6. G'altakka temir o'zak kiritiladi va 3-4 bandlarda ko'rsatilgan tajribalar takrorlanadi. Bunda topilgan kattaliklar yordamida o'zakli g'altakning induktivligi ($L_{o'zakli}$) aniqlanadi. So'ngra $\mu = L_{o'zakli} / L_{o'zaksiz}$ formula yordamida μ topiladi.

Nazorat savollari

1. Elektromagnit induksiya va o'zinduksiya hodsilarini tushuntirib bering.
2. O'zinduksiya EYUK va g'altak induktivligi formulasini yozing. Induktivlik birligi qanday aniqlanadi.
3. Induktiv qarshilikning vujudga kelishi sababini tushuntiring.
4. Aktiv va induktiv qarshiligi bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjir uchun Om qonunini yozing.
5. Induktiv qarshilikdagi kuchlanish tushishi bilan oqib o'tayotgan tok orasidagi faza siljishini tushuntiring.
6. O'zgaruvchan tok mazmunini hamda o'zgaruvchan tok kuchi va kuchlanishning effektiv qiymatlarining qanday aniqlanishini tushuntiring.

Adabiyot

1. Nazarov O'.Q. «Umumiy fizika kursi» 2-qism (Elektr va elektromagnetizm) Toshkent, «O'zbekiston», 2002 yil.
2. Safarov A.S. «Umumiy fizika kursi» (Elektromagnetizm va to'lqinlar), Toshkent, «O'qituvchi», 1992 yil.
3. M.Ismoilov, P.Xabibullayev, M.Xaliulin «Fizika kursi» «O'zbekiston», Toshkent, 2000 yil.
4. Haydarova M.Sh., Nazarov O'.Q. «Fizikadan laboratoriya ishlari», Toshkent, «O'qituvchi» 1989 yil.
5. V.I. Kozlov. Obshiy fizicheskiy praktikum. Elektrichestvo i magnetizm Moskva, 1987 g.

8 - LABORATORIYA ISHI

YERNING MAGNIT MAYDON INDUKTSIYASINING GORIZONTAL TASHKIL ETUVCHISINI TANGENS-BUSSOL YORDAMIDA ANIQLASH.

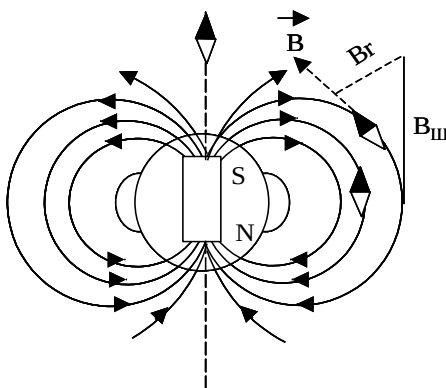
Ishdan maqsad: Yer magnit maydoni xususiyatini o'rganish.

Kerakli asbob va buyumlar: tangens-bussol, o'zgarmas tok manbai, reostat, ampermetr, qayta ulagich (pereklyuchatel).

NAZARIY QISM

Yer atrofida magnit maydoni mavjudligi insonlarga juda qadimdan malumdur. Shuning uchun ham Yerni juda katta magnitga o'xshatish yoki Yer markazida joylashgan ML magnit dipoli mavjud deb qarash mumkin. Bu magnit dipolning magnit qutblari Yerning geografik qutblariga yaqin joylashgan. Lekin Yerning magnit maydonining janubiy qutbi (S) shimoliy (Sh) geografik qutbga yaqin, shimoliy qutbi (L) uning janubiy (J) geografik kutbga yaqin joylashgan. Magnit dipolning maydon induksiya ($\vec{B}$) chiziqlarining manzarasi va yo'nalishi tajriba asosida aniqlangan bo'lib, 1-rasmda tasvirlangan. Demak, Yer sirti atrofini magnit maydoni o'rab olgan ekan.

Buni 1-rasmda tasvirlangan kichkina magnit strelkalarining har xil yo'nalishda joylashishi tasdiqlaydi. Masalan, Yerning magnit qutblarida (S nuqtalarda) magnit strelka Yer sirtiga tik yo'nalgan bo'lsa, Yer ekvatoriga mos keluvchi nuqtalar ($\perp$) da gorizontaal joylashadi. Yer sirtining boshqa ixtiyoriy nuqtalarida (masalan A nuqta) esa, magnit strelka magnit maydon induksiya chiziqlariga urinma ravishda yo'nalgan bo'ladi. 1-rasmdagi $\vec{B}_r$ - Yerning magnit maydon induksiyasi, $\vec{B}_r$ -uning gorizontaal tashkil etuvchisidir. Yerning magnit maydon induksiyasi vektorining gorizontaal tekislikka proektsiyasi Yerning magnit maydoni induksiya vektorining gorizontaal tashkil etuvchisi $\vec{B}_r$ deyiladi. Yer magnit maydon induksiyasi yo'nalishi bilan gorizontaal tashkil etuvchisi orasidagi burchak (β) magnit enkayishi deyiladi.



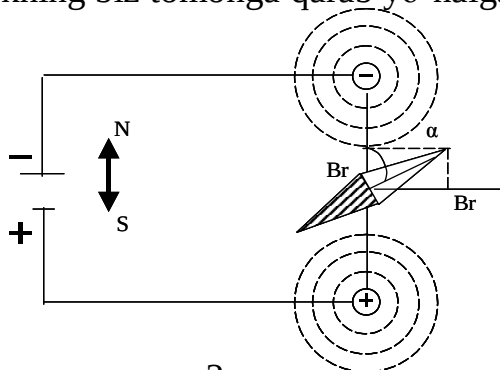
1-rasm

Yer sirtida shunday joylar borki, bu joylarda magnit maydoni induktsiyasi boshqa joylardagi maydon induktsiyasidan keskin farq qiladi. Bunday joylar magnit anomaliyasi mavjud bo'lgan joylar deyiladi. Magnit anomaliyasining mavjudligi shu joylarda temir rudasi to'planganligini bildiradi. Yer sharining har bir nuqtasidagi Yer magnetizmi elementlari vaqt o'tishi bilan asta-sekin o'zgarib borishi mumkin. Ammo, shunday paytlar bo'ladiki, Yerning magnit maydoni bir necha soat ichida keskin o'zgaradi. Bu hodisaga magnit bo'roni deyiladi. Magnit bo'ronining vujudga kelishi Quyosh aktivligining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lib, Yer sharoitidagi hayotga salbiy ta'sir etishi mumkin.

Yerning magnit maydonini tadqiq qiluvchi juda ko'p asboblardan biri va eng oddiy kompasdir. Kompas vertikal o'q atrofida aylana oladigan magnit strelka bo'lib o'q atrofida aylanishi magnit maydon induktsiyasining gorizontal tashkil etuvchisi ($\vec{B}_r$) ning ta'siriga asoslangan. Bu ta'sir natijasida kompas strelkasining bir uchi shimolni (Sh) ikkinchi uchi janubni (J) ko'rsatadi.

Yerning magnit maydon induktsiyasining gorizontal tashkil etuvchisini aniqlash uchun tangens-bussoldan foydalanamiz. Tangens-bussol (TB) R-radiusli n-ta o'ramli va markazida kompas joylashgan yassi vertikal g'altakdan iborat qurilmadir. (R va n ning qiymatlari (TB) da ko'rsatilgan).

O'zgaras tok manbaiga ulangan tangens-bussolning ishlash printsipi bilan tanishib chiqaylik. 2-rasmda tokka ulangan tangens-bussolning kesimi tasvirlangan. Aylana ko'rinishidagi punktir chiziqlar magnit maydon induktsiya chiziqlarini, uning markazidagi musbat ishora tokning chizma tekisligining orqa tomonidagi nuqta esa, tokning biz tomonga qarab yo'nalganligini bildiradi.



2-rasm

Agar zanjirda tok mavjud bo'lmasa, magnit strelkasi magnit meridiani NS yo'nalishida bo'ladi. Magnit maydonning gorizontal tashkil etuvchisi yo'nalishiga mos kelgan yo'nalishi magnit meridiani deyiladi. Tangens-bussol o'ramlaridan o'zgaras elektr toki o'tayotgan bo'lsa, magnit strelka dastlabki holatidan biror α burchakka og'adi. Bunga sabab magnit strelkasiga Yerning magnit maydoni induktsiyasidan yoki aniqroq aytganda, uning gorizontal tashkil etuvchisi $\vec{B}_r$ dan tashqari, aylana shakldagi o'ramlardan o'tayotgan tok kuchining g'altak markazida hosil qilingan magnit maydon induktsiyasi $\vec{B}_0$ ham ta'sir qilishidadir. 2-rasmdan burchak tangensi uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\vec{B}_0}{\vec{B}_r} \quad (1)$$

Bu ifodadan Yerning magnit maydoni induktsiyasining gorizontall tashkil etuvchisi ($\vec{B}_r$) topiladi.

$$\vec{B}_r = \frac{\vec{B}_0}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (2)$$

bu yerdagi $\vec{B}_0$ kattalik Bio-Savar-Laplas qonunidan foydalanib aniqlanadi. Buning uchun ixtiyoriy shakldagi ℓ uzunlikdagi tokli o'tkazgichni ko'rib chiqaylik (3 a-rasm). O'tkazgichdan $\vec{r}$ masofada joylashgan M nuqtadagi magnit maydon induktsiyasini aniqlash uchun shu o'tkazgichni $d\ell$ bo'laklarga bo'lamiz. $Id\ell$ kattalik tok elementi deb ataladi. Har bir tok elementning M nuqada hosil qilgan maydon induktsiyasi dB ni Bio-Savar-Laplas qonuniga asosan quyidagi formula orqali ifodalash mumkin.

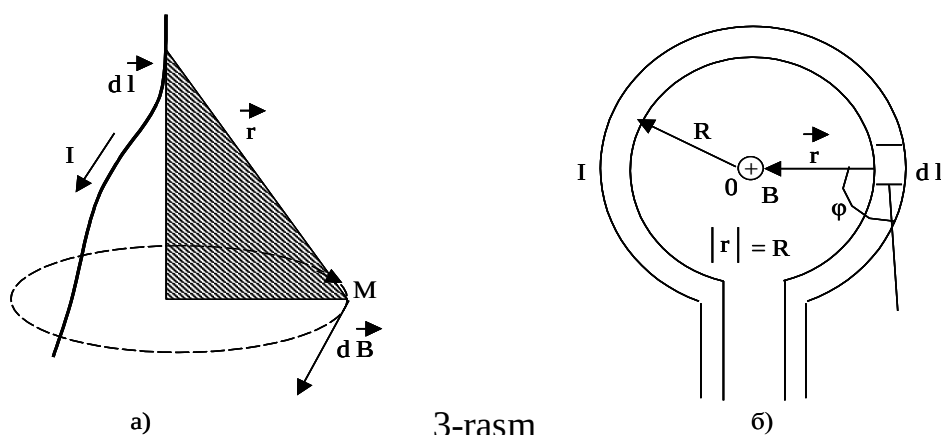
$$dB = \frac{\mu_0 Id\ell \sin \varphi}{4\pi r^2} \quad (3)$$

bu yerda φ - $\vec{r}$ va $d\vec{\ell}$ - orasidagi burchak, μ_0 - magnit doimiysi $\left(\mu_0 = 12,56 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Gm}}{\text{A}} \right)$.

M nuqtada uzunlikdagi tokli o'tkazgich hosil qilgan natijaviy magnit maydon induktsiyasini aniqlash uchun (3) ifodani butun ℓ uzunlik bo'yicha integrallash lozim bo'ladi.

$$B = \int_{\ell} dB = \int_{\ell} \frac{\mu_0 Id\ell}{4\pi r^2} \sin \varphi \quad (4)$$

Bio-Savar-Laplas qonunini aylana shakldagi o'tkazgichdan o'tayotgan tokning shu aylana markazida hosil qilgan maydon induktsiyasini aniqlashga tatbiq etaylik (3 b-rasm). Bu chizmadan ko'rinadiki $\varphi = 90^\circ$, $\sin \varphi = \sin 90^\circ = 1$ shuningdek $r = R$



3-rasm

U holda aylana shaklidagi tokli o'tkazgichning aylana markazida hosil qilgan maydon induktsiyasi

$$B_0 = \int_0^{2\pi R} \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} d\ell \quad (5)$$

ko'rinishga keladi. Integrallash amalini bajarib

$$B_0 = \frac{\mu_0 I}{2R} \quad (6)$$

ifodaga ega bo'lamiz. Bu qiymat bitta aylana tokning markazida (bizning hol uchun tangens-bussol markazida) hosil bo'layotgan magnit maydon induktsiyasini ifodalaydi. B_0 ning SI dagi o'lchov birligi tesla Tl bo'ladi. Umumiy holda, ya'ni tangens-bussoldagi sim o'ramlar soni n -ga teng bo'lganda (6) ifoda,

$$B_0 = \frac{nI\mu_0}{2R} \quad (7)$$

ko'rinishda yoziladi. Bu ifodani (2) ga qo'yib, Yerning magnit maydoni induktsiyasining gorizontal tashkil etuvchisini aniqlash formulasiga ega bo'lamiz.

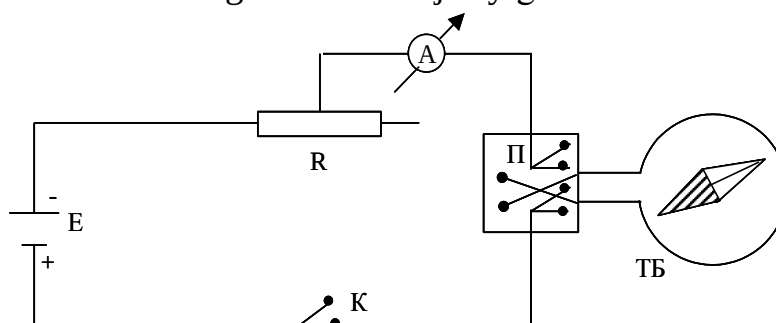
$$B_r = \frac{n\mu_0 I}{2R \operatorname{tg} \alpha} \quad (8)$$

Agar $\frac{2RB_r}{n\mu_0} = C$ belgilash kiritsak. (8) ifoda

$$C = \frac{I}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (9)$$

ko'rinishga keladi. C-tangens-bussol doimiysi deyilib magnit maydoni o'lchanishi lozim bo'lgan biror geografik kenglikda qo'llaniladigan tangens-bussol uchun u o'zgarmas kattalikdir.

Yerning magnit maydon induktsiyasining gorizontal tashkil etuvchisini aniqlash uchun 4-rasmda tasvirlangan elektr zanjiri yig'iladi.



4-rasm

Bu rasmda TB-tangens-bussol, R -reostat, E -tok manbai, K-kalit II-qayta ulagich (pereklyuchatel), A-ampmetr. Bu ishda aylanasini bo'ylab bir necha o'ram sim o'ralgan katta diametrli aylanasi yog'och karkas tangen-bussol vazifasini o'taydi. Karkas markazida g'ilof ichida gorizontal tekislikda erkin aylana oladigan strelkani arretirdan qutichadagi maxsus richagini burash yo'li bilan osongina bo'shatish mumkin.

Ishni bajarish tartibi

1. 4-rasmda ko'rsatilgan elektr zanjir yig'iladi.
2. Magnit strelka arretirdan bo'shatiladi va tangens-bussol shunday o'rnatiladiki, g'altak tekisligi magnit meridiani yo'nalishda joylashgan bo'lsin. Bunda strelkaning bir uchi 0^0 ni, ikkinchi uchi esa 180^0 ni ko'rsatadi.
3. Sxema tekshirilgandan so'ng elektr zanjir tok manbaiga ulanadi.
4. R-reostat yordamida 0,2 A ga teng tok kuchi tanlanib, bunday tokda strelkaning har ikki uchining magnit meridiani yo'nalishidan og'ish burchaklari qiymatlari α_1 va α_2 yozib olinadi.

5. Qayta ulagich yordamida tokning yo'nalishi o'zgartirilib, tokning 0,2 A qiymati uchun strelka uchlarining qiymatlari yozib olinadi. Og'ish burchaklarining to'rttala qiymatlariga ko'ra ularning o'rtacha qiymat miqdori aniqlanadi.

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

Shu tartibda tok kuchining 0,3 A, 0,4 A va 0,6 A qiymatlari uchun ham 4 va 5 bandlarda ko'rsatilgan mashqlar takrorlanadi.

6. (8) formuladan foydalanib har bir o'lchash uchun Yerning magnit maydon induktsiyasining gorizont talashkil etuvchisi hisoblanadi. So'ngra B_r ning o'rtacha qiymati va bu qiymatdagi absolyut hamda nisbiy xatoliklar aniqlanadi.

7. (9) formula yordamida tangens-bussol doimiysi C hisoblab topiladi.

O'lchash va hisoblash natijadari quyidagi jadvalga yoziladi.

Jadaval

№	I (A)	Strelkaning ogishi					$tg \alpha$	B_r	ΔB_r	$\frac{\Delta B_r}{B_r}$	C	ΔC
		α_1	α_2	α_3	α_4	α_{yp}						
1	0,2											
2	0,3											
3	0,4											
4	0,5											

Nazorat savollari

1. Yerning magnit maydoni induksiya vektori qanday yo'nalgan. Magnit anomaliyasi qanday hodisa.

2. Yerning magnit maydoni induktsiyasining gorizont talashkil etuvchisi deb nimaga aytiladi.

3. G'altak o'rami tekisligini magnit meridiani yo'nalishida o'rnatishning qanday zaruriyati bor.

4. Bio-Savar-Laplas qonunini tushuntiring va uning umumiy formulasini yozing.

5. Yerning magnit maydon induktsiyasining gorizont talashkil etuvchisini aniqlaydigan (8) formulani keltirib chiqaring.

6. Tangens-bussol doimiysi qanday kattaliklarga bog'liq.

Adabiyot

1. Nazarov O'.Q. «Umumiy fizika kursi» 2-qism (Elektr va elektromagnetizm) Toshkent, «O'zbekiston», 2002 yil.

2. Safarov A.S. «Umumiy fizika kursi» (Elektromagnetizm va to'lqinlar), Toshkent, «O'qituvchi», 1992 yil.

3. M.Ismoilov, P.Xabibullayev, M.Xaliulin «Fizika kursi» «O'zbekiston», Toshkent, 2000 yil.

4. Haydarova M.Sh., Nazarov O'.Q. «Fizikadan laboratoriya ishlari», Toshkent, «O'qituvchi» 1989 yil.

5. V.I. Kozlov. Obshiy fizicheskiy praktikum. Elektrichestvo i magnetizm Moskva, 1987 g.

9-LABORATORIYA ISHI

ELEKTRONNING SOLISHTIRMA ZARYADINI MAGNETRON USULI YORDAMIDA ANIQLASH

Ishdan maqsad: Elektron zaryadining qiymatini aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: magnetron, o'zgarmas tok manbai, voltmetr, ampermetr, galvanometr, g'altak, reostatlar.

NAZARIY QISMI

Magnit maydonida harakatlanayotgan zaryadlangan zarralarga maydon tomonidan kuch ta'sir etishini gollandiyalik fizik X. Lorents mikdoriy jixatdan aniqlagan. Bu kuch keyinchalik Lorents kuchi degan nom oldi. Lorents kuchi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

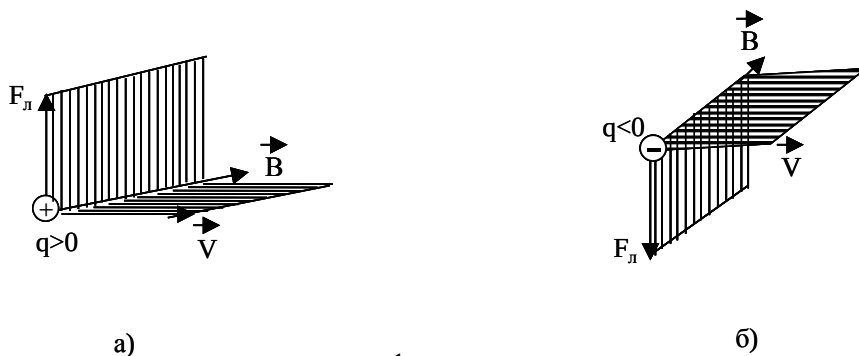
$$F_L = q \cdot v \cdot B \sin \alpha = q \cdot v \cdot B \cdot \sin(\vec{v} \times \vec{B}) \quad (1)$$

Bu yerda F_L -Lorents kuchi, q -harakatlanayotgan zarra zaryadi, v -zarra tezligi, B -magnit maydon induktsiyasi, α -zarra tezligining yo'nalishi bilan induktsiya vektori $\vec{B}$ yo'nalishi orasidagi burchak. Demak, magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadli zarraga ta'sir qiluvchi Lorents kuchi zaryad miqdori q ga, zarra tezligi v ga, magnit maydon induktsiyasi $\vec{B}$ ga, xamda $\vec{v}$ va $\vec{B}$ vektorlar orasidagi burchak sinusiga proporsional ekan. Lorents kuchi ifodasini vektor ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin.

$$\vec{F}_L = q[\vec{v} \times \vec{B}] \quad (2)$$

Lorents kuchining yo'nalishi (2) formulaga asosan quyidagicha aniqlanadi. Bu kuch $\vec{v}$ va $\vec{B}$ vektorlar vujudga keltirgan tekislikka shunday tartibda perpendikulyar yo'nalgan bo'ladiki, F_L vektorning uchidan qaranganda $\vec{v}$ dan $\vec{B}$ ga o'tishdagi eng qisqa masofa soat strelkasi yo'nalgishiga teskari yo'nalishda bo'lishi kerak.

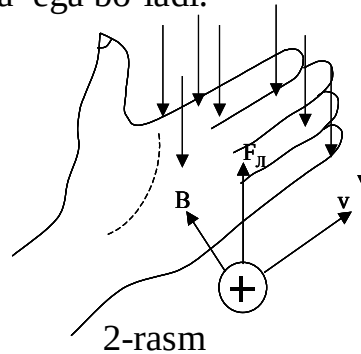
1-a-rasmda musbat zaryadga, 1-b-rasmda esa manfiy zaryadga ta'sir etuvchi Lorents kuchining yo'nalishi tasvirlangan. Agar zaryadlangan zarraning harakat yo'nalishi magnit induktsiya chiziqlariga perpendikulyar bo'lsa, ta'sir qilayotgan Lorents kuchi maksimal qiymatga ega bo'ladi. ($\sin 90^\circ = 1$) $F_L = qvB$



1-rasm

Lorents kuchining yo'nalishi chap qo'l qoidasi yordamida ham aniqlash mumkin: chap qo'lni shunday tutish kerakki, magnit maydoning induksiya chiziqlari kaftimizga perpendikulyar tushayotgan bo'lib, to'rtta barmoq esa tok yo'nalishida bo'lsa, unda 90° qilib yoyilgan bosh barmoq o'tkazgichga ta'sir etayotgan Lorents kuchining yo'nalishini ko'rsatadi. (2-rasm).

Lorents kuchi quyidagi o'ziga xos xususiyatlarga ega: 1) u faqat harakat dagi zaryadlarga ta'sir qiladi. 2) u harakat dagi zaryad tezligi ($\vec{v}$) ning son qiymatini o'zgartirmaydi, ya'ni ish bajarmaydi: 3) u zaryadning faqat harakat traektoriyasini o'zgartiradi. Misol tariqasida bir jinisli magnit maydoniga ($\vec{B}$) tezlik bilan perpendikulyar tushayotgan q musbat zaryadning harakat ini tekshirib ko'raylik. Lorents kuchi zaryad tezligiga perpendikulyar yo'nalganligi sababli uning traektoriyasi aylana ko'rinishiga ega bo'ladi.



2-rasm

Lorents kuchi aylana markazi tomon yo'nalgan bo'lib (chap qo'l qoidasiga ko'ra), markazga intilma kuch $F_M = \frac{mv^2}{R}$ vazifasini bajaradi: bunda m- zaryadlangan zarra massasi, $\vec{v}$ -zarracha tezligi, R-aylana radiusi (3-rasm) Nyutonning 2-qonuniga ko'ra Lorents kuchi markazga intilma kuchga teng bo'ladi, ya'ni:

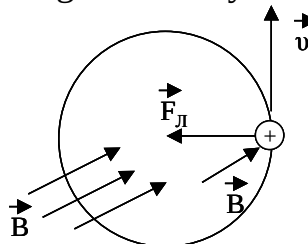
$$\frac{mv^2}{R} = qv B \quad (4)$$

yoki bundan

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{RB} \quad (5)$$

ifoda kelib chiqadi.

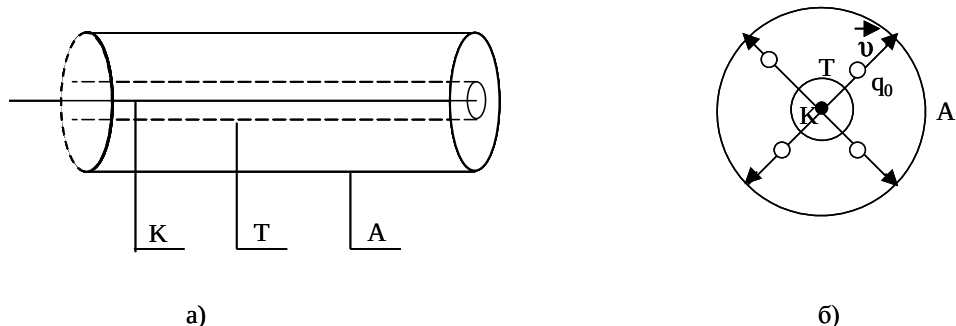
Agar zarracha zaryadi elektron zaryadiga, zarracha massasi esa elektron massasiga teng bo'lsa $q=q_e$ va $m=m_e$ va q_e/m_e nisbatga elektronning solishtirma zaryadi deyiladi. 3-rasmdagi X belgi magnit maydon induktsiyasining yo'nalishini (rasmda u chizma tekisligining orqa tomoniga yo'nalgan) Q belgi musbat ishorali zaryadini, $\vec{v}$ - shu zaryadning tezligini ifodalaydi.



3-rasm

Bu ishdan maqsad elektronning solishtirma zaryadini aniqlashdir. (5) ifodaga ko'ra q_e/m_e - elektronning solishtirma zaryadini aniqlashda elektronning tezligini, magnit maydon induktsiyasini va elektronning harakat traektorisining radiusini bilish lozim. Buning uchun elektronning elektr va magnit maydon ta'siridagi harakatini o'rganish lozim bo'ladi. Buning uchun magnetron usulidan foydalanish mumkin.

Magnetron deb maxsus tuzilishga ega bo'lgan, ichidan havosi so'rib olingan uch elektrodli elektron qurilmaga aytiladi. Bu elektrodlar katod (ingichka tola ko'rinishida), to'r va anod (tsilindrsimon ko'rinishdadir). 4-a rasmda magnetron tuzilishning umumiy ko'rinishi, 4-b rasmda esa kesim qirqimi va undagi katoddan uchib chiqayotgan elektronlarning elektrosatik maydon ta'siridagi harakati tasvirlangan: bu yerda K-katod, T-to'r, A-anod.



4-rasm.

Anod bilan to'r o'zaro tutashtirilib, ularga bir xil potentsial beriladi, bunda ular orasidagi maydon bir xil potentsialli maydon bo'ladi. Qizdirilgan katoddan termoelektron emissiya hodisasiga muvofiq elektronlar uchib chiqadi. To'r bilan katod oralig'iga elektrosatik maydon berilgan bo'lganligi va katodga juda yaqin nuqtalarda maydon kuchlanganligi juda katta qiymatga ega ekanligi sababli, katoddan ajralib chiqayotgan elektronlarga to'r tomon yo'nalgan radial kuch ta'sir etadi. Bu elektrostatik maydon kuchi ta'sirida elektronlar katoddan to'rga yetib borguncha o'z tezliklarini orttirib boradilar. Elektronlarning boshlang'ich tezliklari nisbatan kichik qiymatga ega ekanliklari uchun e'tiborga olmasak, elektronning to'rdan o'tayotgan payitdagi tezligi v ni energiyaning saqlanish qonunidan foydalanib aniqlash mumkin. Bunda elektronning kinetik energiyasini to'r bilan katod orasidagi maydonning elektronni ko'chirishda bajargan ishiga tenglashtiramiz: $\frac{m_e v^2}{\lambda} = q_0 U$. Bundan

$$v = \sqrt{\frac{2q_0 U}{m_e}} \quad (6)$$

ifodaga ega bo'lamiz. To'rdan chiqqan elektronlar o'zgarmas tezlik bilan harakatlanib anodga yetib boradi va I_a anod tokini xosil qiladi. To'r va anod bir xil potentsialga ega bulganligi sababli ular orasidagi elektrostatik maydonni o'tishda elektronning tezligi o'zgarmaydi. (6) va (5) ifodalarni kvadratga oshirib, tezlik kvadratlari qiymatlarini tenglashtirsak, quyidagi tenglikka ega bo'lamiz.

$$\frac{q_e}{m_e} = \frac{2U}{B^2 R^2} \quad (7)$$

Ushbu laboratoriya ishida (7) formula yordamida q_e/m_e nisbatni aniqlash uchun magnetronga kiygizilgan galtak (solenoid) simi o'ramlaridan elektr toki o'tkaziladi. Bu tok solenoid toki I_a deb ataladi. Solenoid toki magnetronning ichida solenoid o'qi bo'ylab yo'nalgan bir jinisli magnit maydonni hosil qiladi. Bu maydon induktsiyasi quyidagi ifodadan topiladi:

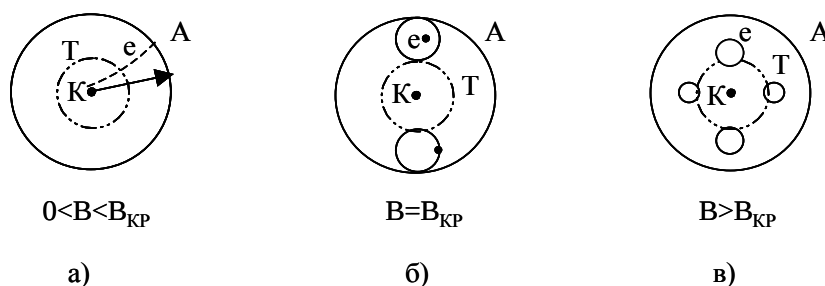
$$B = n\mu_0 I \quad (8)$$

bu yerda B-magnetron ichida vujudga kelgan magnit induktsiyasi, n-solenoiddagi o'ramlar zichligi (uzunlik birligiga) mos keluvchi o'ramlar soni), μ_0 - magnit doimiysi.

Magnetronda magnit maydon mavjudligi tufayli Lorents kuchi vujudga kelib elektronlarning harakat trayektoriyasiga ta'sir qiladi. Buning natijasida harakat trayektoriyasi egrilana boshlaydi. (5-a-rasm) Shuni ta'kidlash lozimki, katod bilan to'r oraligida elektronning trayektoriyasi to'g'ri chizik shaklida qoladi deb xisoblash mumkin. Trayektoriya faqat to'r bilan anod oraligida egrilanadi.

Aytilganlarni quyidagicha tushuntirish mumkin. Katod bilan to'r oraligi juda kichik bo'lib, elektr maydonning ta'siri magnit maydon ta'siriga nisbatan juda katta bo'ladi: to o'r bilan anod oraligidagi bo'shlikda esa, elektronning xarakteriga ta'sir qiluvchi elektr maydon yo'q. Bunda elektronlar o'z inergiyasi bilan harakat lanadi va ularga faqat magnit maydon ta'sir ko'rsatadi.

Agar solenoid orqali o'tayotgan tok kuchi IS ning qiymatini oshirsak, magnit maydon induktsiyasi xam kattalashib, natijada Lorents kuchining ta'siri yanada ortadi va elektronning trayektoriyasi yanada ko'proq egrilana boshlaydi. IS ning qiymatini yanada kattalashtirsak shunday vaziyat vujudga kelishi mumkinki, unda to'rdan o'tayotgan elektronning juda ko'p qismi (90-95) anodga juda yaqinlashib aylana chizgan xolda to'rga qayta tusha boshlaydi (5-brasm). Magnit induktsiyasining bunday xolatga mos keluvchi qiymati kritik qiymat B_{KR} deyiladi. Solenoid tokining yanada ortishida, ya'ni $B > B_{KR}$ da elektronlar anodga yetib bormaydi. (5-B rasm), natijada anod toki qiymati nolga intiladi. Umuman, anod toki qiymati tamomila nolga tenglashmaydi, chunki katta tezlikka ega bulgan tasodifiy elektronlar mavjud bo'lib, ular anodga yetib borishi mumkin.



5-rasm

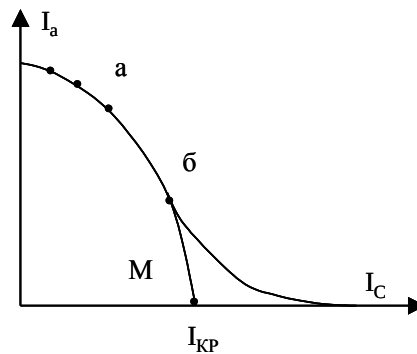
Bu ishda (8) formuladagi, B ning qiymati uchun olinadi. Elektron trayektoriyasining radiusi (R) to'r bilan anod orsidagi masofaning yarmisiga teng bo'ladi, ya'ni $R = v/2$ bunda v-to'r va anod orasidagi masofa. B_{KR} maydon induktsiyasiga to'g'ri keladigan solenoid toki kritik tok bo'ladi. $I_C = I_{C(KP)}$

Shunday qilib, (7) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi.

$$\frac{q_e}{m_e} = \frac{2U}{B_{KP}^2 R^2} = \frac{8 \cdot U}{n^2 \cdot \mu_0^2 \cdot v^2 \cdot I_{C(KP)}^2} \quad (9)$$

(9) ifoda yordamida elektronning solishtirma zaryadi xisoblab topiladi. Solenoid tokining qiymatini topish uchun anod tokining solenoidga bog'liklik grafigi chiziladi (6-rasm).

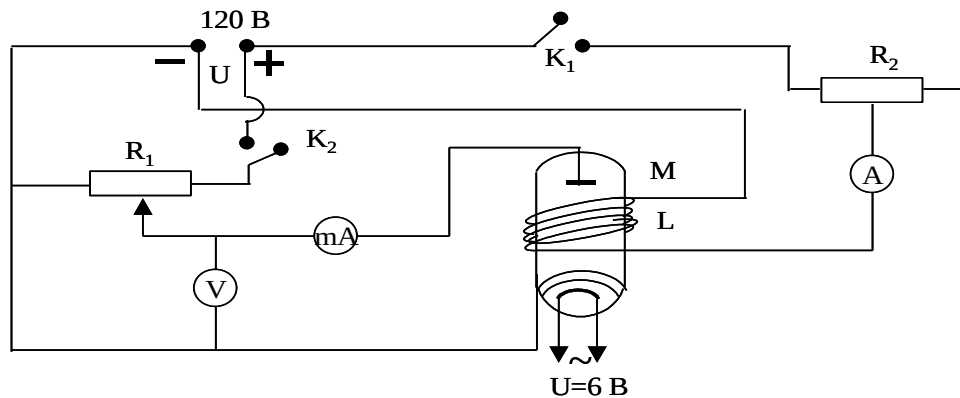
Katoddan chiqayotgan elektronlarning ko'p qismi bir xil tezlikka yaqin qiymatga ega bo'lganligi sababli solenoid tokining ma'lum qiymatida anod toki juda tez kamayadi. Solenoid tokining $I_{C(KP)}$ kritik qiymatini aniqlash uchun shu grafikdan foydalanamiz. Buning uchun grafik chizigining eng tik (ab) qismini to abstsissa (I_C) o'qi bilan kesishguncha davom ettiriladi. (M-nukta) M-nuktaga mos kelgan solenoid toki kritik tok bulib, uning qiymati (9) xisoblash formulasiga qo'yiladi.



6-rasm.

(9) ifodadagi n o'ramlar zichligi va v masofa qiymatlari uchun mos ravishda. $n = 1,8 \cdot 10^4$ uram/m, $v = 3,25 \cdot 10^{-3}$ m

Laboratoriya ishinin yelektr sxemasi 7-rasmda tasvirlangan.



7-rasm.

Bu yerda V-voltmetr, anod bilan katod oraligidagi kuchlanishni o'lchaydi, bu kuchlanish R_1 reostat yordamida boshqariladi: milliampermetr, anod tokini o'lchaydi, A-ampermetr, M-magnetronga kiygizilgan solenoid L-(galtak) o'ramlaridan o'tayotgan tok kuchini ko'rsatadi, bu tok R_2 reostat yordamida boshqariladi, K_1 va K_2 lar kalitlar.

Ishni bajarish tatibi

1. 7-rasmdagi umumiy sxema yig'iladi. Olingan natijalarni yozish uchun quyidagi jadval chiziladi. Potentsiometr va reostatlarining surgichlari kuchlanish minimal bo'ladigan xolatlarga qo'yiladi.

Jadval

$I_C (A)$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$I_A (mA)$											
U_A											

2. K_1 va K_2 kalitlar ulanmagan payitda 6 V va 120 V kuchlanish manbai zanjirga ulanadi. Magnetron qiziguncha 1-2 minut kutiladi. Katodni qizdirish uchun lozim bo'lgan kuchlanish to'g'ridan-to'g'ri ulangan bo'ladi.

3. K_1 kalit ulanadi. R_1 potentsiometrning surgich yordamida anod kuchlanish 70-100 V ga qo'yiladi. Bunda anod toki biror maksimal qiymatga ega buladi.

4. K_2 kalit ulanadi. R_2 reostatning surgichi yordamida solenoid toki 0,1 A dan (0,2: 0,3: 0,4: 0,5 ...) oshirib boriladi. Solenoid tokining xar bir kiymatiga mos kelgan anod toki aniqlanadl va ular jadvalga yozib boriladi

5. I_a anod toki bilan I_c solenoid toki orasidagi boglanish grafigi chiziladi. Grafikning tik kamayish joyi abstsissa o'qini kesib o'tguncha davom ettiriladi va $I_{c\text{ kr}}$ tok topiladi.

6. (9) formula yordamida elektronning solishtirma zaryadi aniqlanadl. Olingan natijalar jadvalga yozib boriladi.

Nazort savollari

1. Laboratoiya ishni bajarishdan qo'yilgan maqsadning mohiyatini tushuntiring.
2. Lorents kuchi formulasini yozing va bu kuchning yo'nalishi qanday topilishini ta'riflang.
3. Magnetron ichidagi elektronning harakat traektoriyasini chizing va tushuntiring.
4. Nima uchun solenoid tokining ma'lum bir kiymatida elektronlar anodga yetib bormaydi.
5. anod tokining solenoid tokiga bog'liqlik grafigini tushuntiring.
6. Solenoidning V maydon induktsiyasi qanday aniqlanadl.
7. Ishning elektr sxemasini chizing va uning ishlash printsipini tushuntiring.
8. (9) formulani keltirib chikaring.

Adabiyot

1. Nazarov O'.Q. «Umumiy fizika kursi» 2-qism (Elektr va elektromagnetizm) Toshkent, «O'zbekiston», 2002 yil.
2. Safarov A.S. «Umumiy fizika kursi» (Elektromagnetizm va to'lqinlar), Toshkent, «O'qituvchi», 1992 yil.
3. M.Ismoilov, P.Xabibullayev, M.Xaliulin «Fizika kursi» «O'zbekiston», Toshkent, 2000 yil.
4. Haydarova M.Sh., Nazarov O'.Q. «Fizikadan laboratoriya ishlari», Toshkent, «O'qituvchi» 1989 yil.

MUNDARIJA

Elektr o'lchov asboblarning ishlashi bilan tanishish.....	3
1- laboratoriya ishi. Elektrostatik maydonni o'rganish	7
2- laboratoriya ishi. Kondensator sig'imini Uitsen ko'prigi yordamida o'lchash	14
3- laboratoriya ishi. Galvanik elementlarning elektr yurituvchi kuchini kompensatsiya usuli bilan o'lchash.....	21
4- laboratoriya ishi. Cho'g'lanma lampochkaning qarshiligi va quvvatini aniqlash.....	28
5- laboratoriya ishi. O'tkazgichning qarshiligini o'zgarmas tok ko'prigi yordamida aniqlash.....	26
6- laboratoriya ishi. Elektron lampaning ishlashini o'rganish va katodning haroratini aniqlash.....	34
7- laboratoriya ishi. G'altakning induktivligini, to'la kuchlanish va tok orasidagi faza siljishi hamda muhitining magnit singdiruvchanligini aniqlash	45
8- laboratoriya ishi. Yerning magnit maydon induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisini tangens–bussol yordamida aniqlash	51
9- laboratoriya ishi. Elektronning solishtirma zaryadini magnetron usuli yordamida aniqlash.....	56

