

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

TOSHKENT ARHITEKTURA QURILISH INSTITUTI



A.S. No'monxo'jayev, G.A. Qosimova, A.V. Umarov

Elektrostatika, o'zgarmas tok, o'zgaruvchan tok, magnetizm

O'quv qo'llanma

TOSHKENT – 2007

Mualliflar: A.S. No'monxo'jayev, G.A. Qosimova, A.V. Umarov

O'quv qo'llanma umumiy fizika kursining elektrostatika, o'zgarmas tok, o'zgaruvchan tok va magnetizm qismlariga oid 10 ta laboratoriya ishini o'z ichiga oladi. Talabalar mehnatini yengillashtirish va ularning o'zlashtirishlarini osonlashtirish maqsadida barcha laboratoriya ishlari uchun nazariy qismlar ancha to'liq xolda berilgan.

O'quv qo'llanma oliy texnika o'quv yurtlarining talabalari uchun mo'ljallangan.

Matematika va tabiiy fanlar kafedrası.

TAQI ilmiy-uslubiy kengashining qarori asosida nashr qilinadi

Resenzent: O'zMU prof. f.-m.f.d. Mirinoyatov M.M.,
TAQI qoshidagi litsey dots. f.-m.f.n. Normatov B.

SO'Z BOSHI

Fizika fani bo'yicha laboratoriya o'tkazishdan asosiy maqsad talabalarning mustaqil ravishda tajriba o'tkazib o'rganilayotgan fizik jarayonning mohiyatini chuqurroq anglashlari, asosiy o'lchov asboblari bilan ishlashni o'rganishlari, o'lchov usullari bilan tanishishlari, shuningdek olingan fizik natijalarning miqdoran to'g'ri bo'lishini ta'minlashdan iboratdir.

Ushbu uslubiy qo'llanma umumiy fizika kursining elektrostatika, o'zgarmas tok, o'zgaruvchan tok va magnetizm qismi bilan tajriba vositasida batafsilroq tanishish maqsadida yozilgan bo'lib, u Toshkent Arxitektura Qurilish instituti qoshidagi elektr va magnetizm laboratoriyasida mavjud ishlardan foydalanishga asoslangan.

Qo'llanmada 10 ta laboratoriya ishining tavsifi bayon etilgan. Talabalarning mehnatini yengillashtirish hamda ular ma'lum bilim va malakalarni tezroq va osonroq egallashlari maqsadida har bir laboratoriya ishining nazariy qismi talab doirasida mumkin qadar mufassal bayon etildi.

Mazkur qo'llanma talabalarning nafaqat unda bayon etilgan laboratoriya ishini bajarish malakasini egallashda balki o'sha laboratoriya ishi mavzusi doirasidagi nazariyani ham egallashlarida foydali dastur amal boiadi, degan umiddamiz.

Mualliflar ushbu qo'llanmani tayyorlashda o'zlarining qimmatli maslahatlarini ayamagan kafedraning sobiq dotsentlari O'.Nazarov va B.Normatovga o'z minnatdorchiliklarini bildiradilar.

Mualliflar mazkur qo'llanma bo'yicha bildirajak barcha fikrlar hamda tanqidiy mulohazalarni mamnuniyat bilan qabul qiladilar.

1-ish

Galvanometrning tok kuchi va kuchlanishi bo'yicha bo'lim qiymatlarini aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: Galvanometr, voltmeter, rezistorlar, o'zgarmas tok manbai.

Nazariy qismi

Galvanometrlar- elektr o'lchov asbobi bo'lib, ular yordamida juda kichik tok kuchi va kuchlanishlarni ham aniqlash mumkin.

Galvanometr shkalasi tok kuchi yoki kuchlanishning mas'ul qiymatlari yordamida darajalanadi. Elektr zanjirining biror qismida tok borligini bilish maqsadida galvanometrdan foydalanishga to'g'ri kelsa u holda darajalashga ehtiyoj qolmaydi.

Elektr o'lchov asboblarining sezgirligi va bo'limi qiymatlari ularning sifatini belgilovchi parametrlar hisoblanadi. Asbob qo'zg'aluvchan qismi burilish burchagi orttirmasining o'lchanadigan kattalik orttirmasiga nisbatan ko'rsatuvchi kattalik asbob sezgirligidir. Masalan qiymatiga ega bo'lgan tok qo'zg'aluvchan qismini $d\theta$ burchakka bura, asbob sezgirligi

$$S = \frac{d\theta}{de}$$

munosabatdan aniqlanadi.

$$C = \frac{1}{S} = \frac{de}{d\theta}$$

Kattalik asbobining tok kuchi bo'yicha bo'shliq qiymati deb yuritiladi. Bo'lim qiymati asbobining harakatlanuvchi qismini bir bo'limga bura oluvchi fizik kattalikni ifodalaydi.

Asbobning aniqlik sinfi uning korpusiga yozib qo'yilgan 0.1; 0.2; 0.5; 1.0; 1.5; 2.5; 4.0 raqamlari orqali belgilanadi. Bu raqamlar strelka (yoki shu'la) ning butun shkala bo'yicha maksimal og'ishda kuzatiladigan xatolikning protsentlardagi ifodasidir. Shuning uchun kichik bo'limlarga mos keluvchi qiymat o'lchanganda katta nisbiy xatoga yo'l qo'yiladi.

Masalan, aniqlik sinori 0.5 bo'lgan asbobning shkalasi 150 bo'limga ega bo'lsin ko'rsatkich (strelka) 150 bo'limga burilganda nisbiy xatolik 0.5% va absolut xatolik

$$0.5 \cdot 150 = \frac{0.5 \cdot 150}{100} = 0.75$$

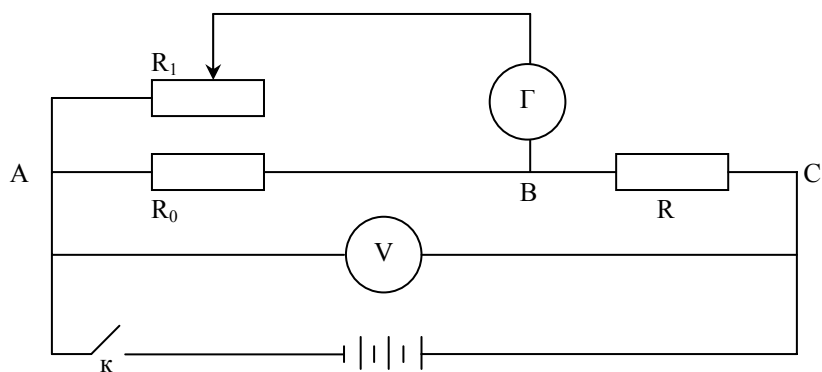
ga teng bo'ladi. Ko'rsatkich 25 bo'limga burilganda esa nisbiy harakat 3% absolut xatolik 0.75 bo'ladi.

Ishni bajarish tartibi

1. Sxemasi 1-rasmda keltirilgan elektr zanjiri yig'iladi.

2. $I = k_i n$ (3) ifodadan galvanometrning bo'lim qiymati $k_i \frac{I}{n}$ (4)

ko'rsatkichning og'ishi.



1-rasm

tok kuchi

$$I = \frac{U_{AB}}{R_r + r_g}, \quad (5)$$

agar $R_1=0$ va

$$U_{AB} = \frac{u}{R + R_0} \quad (6)$$

ekanligi hisobga olinsa, galvanometrning tok kuchi bo'yicha bo'lim qiymatini aniqlash ifodasi.

$$k_i = \frac{UR_0}{n(R + R_0)r_g} \quad (7)$$

hosil bo'ladi.

3. $U = k_v \cdot n = k r_g n$ yoki $k_v = k_i r_g$ ifodalar va 2-satrdagi mulohazalardan foydalanib, galvanometrning kuchlanishi bo'yicha bo'lim qiymati uchun

$$R_v \frac{UR_0}{n(R + R_0)} \quad (8)$$

ifoda hosil bo'ladi.

4. $R_1 = 0$ holati uchun galvanometr ko'rsatkichi va kuchlanishi U aniqlanadi.

5. Aviometr yordamida R_0, R, r_g qiymatlari o'lchanadi.

6. O'lchangan kattaliklar orqali k_i va k_v hisoblanadi va jadval to'ldiriladi.

№	R_0, Om	R, Om	N	U, B	$k_i, \frac{A}{\text{bo'lim}}$	$k_v, \frac{B}{\text{bo'lim}}$

Savollar:

- Gal'vanometr qanday asbob?
- Gal'vanometrda qanday elektr o'lchov asbob sifatida foydalanish mumkin?
- Elektr o'lchov asboblarning tok kuchi bo'yicha bo'lim qiymati qanday fizik kattalik?
- Gal'vanometrning tok kuchi bo'yicha bo'lim qiymati qanday aniqlanadi?
- Gal'vanometrning kuchlanish bo'yicha bo'lim qiymati qanday aniqlanadi?

2 – ish.

Elektrostatik maydonini o'rganish

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

Nazariy qism.

Har qanday elektr zaryad o'z atrofida elektr maydon hosil qiladi. Agar zaryad nisbatan tinch holatda bo'lsa, uning hosil qilgan maydoni elektrostatik maydon deyiladi. Bu maydon vositasida zaryadlar o'zaro ta'sirlashadi. Zaryadlarning o'zaro ta'sirlashsish kuchini Kulon qonuniga asosan aniqlash mumkin.

Kulon qonuni quyidagicha ta'riflanadi: "Vakuumdagi joylashgan ikkita nuqtaviy q_0 va q zaryadning o'zaro ta'sir kuchi har bir zaryad kattaligiga to'g'ri proporsional, ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'lib, uning yo'nalishi zaryadlarni birlashtiruvchi to'g'ri chiziq bilan ustma-ust tushadi".

Xalqaro birliklar sistemasi (SI)da Kulon qonuni quyidagi formula bilan ifodalanadi:

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

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

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ f/m ga teng.}$$

(1) ning vektor ko'rinishidagi ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

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

Elektrostatik maydonning ta'sir darajasini xarakterlash uchun 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 kattaliklardir, ya'ni

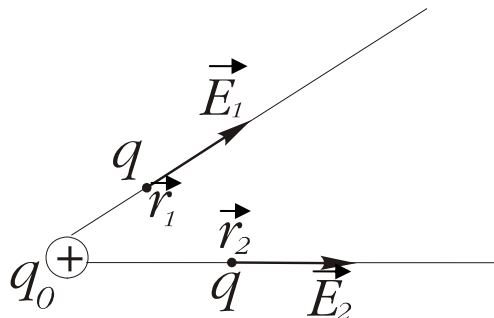
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (2)$$

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'nalishga mos keladi. Demak, ta'sir etuvchi kuchning zaryad miqdoriga nisbatiga elektrostatik maydonning kuchlanganligi deyiladi.

(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

$$\vec{E}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_0}{r_1^2} \cdot \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}; \quad \vec{E}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_0}{r_2^2} \cdot \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|} \quad (3)$$

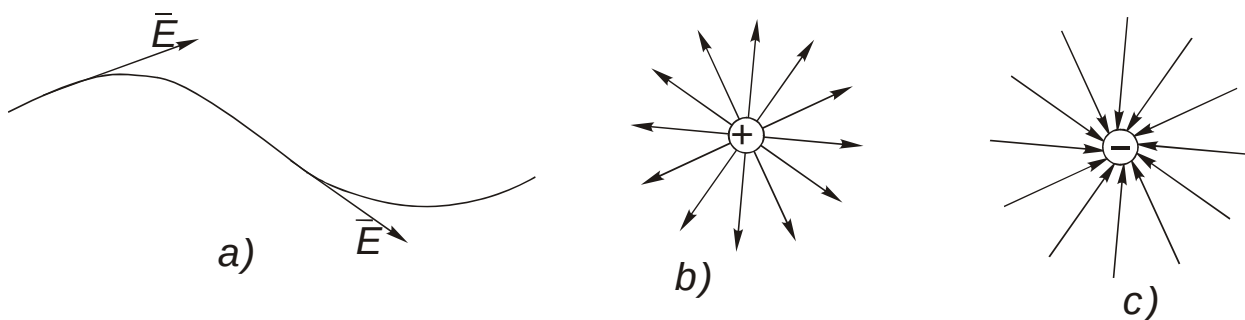
bo'ladi. Shunday qilib, nuqtaviy q_0 zaryad hosil qilgan elektrostatik maydonning muayyan nuqtadagi kuchlanganligi shu zaryad miqdoriga to'g'ri proporsional, bu nuqta bilan zaryad orasidagi masofa r ning kvadratiga teskari proporsional bo'lar ekan.



1 – rasm.

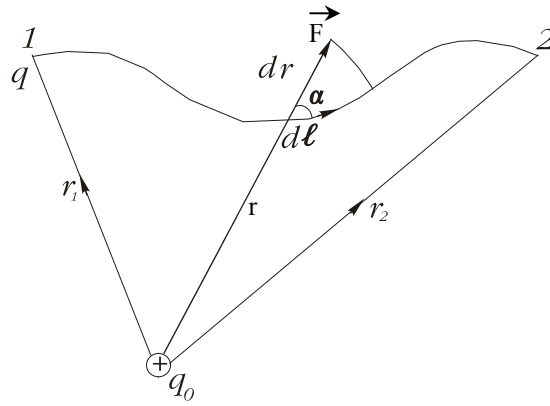
Elektrostatik maydonni har bir nuqta uchun $\vec{E}$ vektorining kattaligi va yo'nalishini ko'rsatish bilan belgilash mumkin.

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 urunma maydonning shu nuqtadagi kuchlanganlik vektori bilan ustma – ust tushadigan chiziqlar turkumiga mos kelsin (2, a - rasm). Misol tariqasida 2, b – rasmda musbat va manfiy ishorali nuqtaviy zaryadlarning kuchlanganlik chiziqlari tasvirlangan.



2 – rasm.

Elektrostatik maydonning ikkinchi asosiy xarakteristikasi maydon potensialidir. Biror nuqtaviy q_0 zaryad hosil qilgan maydonning ixtiyoriy nuqtasiga ikkinchi q zaryadi 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 birinchi nuqtasidan biror territoriya bo'ylab ikkinchi nuqtasiga ko'chishi mumkin. Tabiiyki, bunda ma'lum miqdorda A ish bajariladi. Bu ishning kattaligini aniqlash maqsadida q_0 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).



3 – rasm

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

Ko'chuvchi zaryadning dastlabki 1 – holatini r_1 radius vektor bilan, so'ngi 2 – holatini r_2 radius vektor bilan belgilab, q zaryadning 1 – holatidan 2 – holatiga o'tishdagi umumiy bajarilgan ish miqdorini aniqlaymiz. Buning uchun Kulon qonuni formulasidan foydalanib (4) ifodani r_1 va r_2 intervali (radius vektorlarining dastlabki va keyingi qiymatlari) oralig'ida integrallaymiz:

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

Bu ifodani olishda asosiy 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 potensial maydon deyiladi. Demak, qo'zg'almas q_0 zaryad hosil qilgan elektrostatik maydon potensial maydon ekan. Bu maydonda q zaryadga ta'sir qiluvchi kuchlar potensial kuchlar deyiladi.

Potensial maydonda joylashgan q zaryad potensial energiyaga ega bo'ladi. Demak, maydon kuchlari q zaryadning boshlang'ich va oxirgi vaziyatidagi potensial energiya miqdorining o'zgarishi 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 maydonining 1 – va 2 – nuqtalaridagi potensial 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 potensial energiyasining shu zaryad miqdoriga nisbati asosiy q_0 zaryad maydonining 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 potensial son jihatidan birlik musbat zaryadning maydondagi muayyan nuqtaga ega bo'lgan potensial energiyasiga teng ekanligi ko'rinadi. Demak, maydonning 1 va 2 nuqtalarining potentsiali mos ravishda

$$\varphi_1 = \frac{W_1}{q} \text{ yoki } \varphi_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_0}{r_1} \quad (9)$$

va

$$\varphi_2 = \frac{W_2}{q}; \quad \varphi_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r_2} \quad (9^1)$$

ko'rinishiga ega bo'ladi.

(9¹) ifoda asosida q zaryadni maydonning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko'chirishda bajariladigan ish

$$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (10)$$

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

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

bo'ladi. Chunki (9¹) ifodaga ko'ra $r_2 \rightarrow \infty$ da $\varphi_2 = 0$ (11) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\varphi_1 = \frac{A_{1\infty}}{q} \quad (12)$$

Bundan potensial son jihatidan maydon kuchlarining birlik musbat zaryadi muayyan nuqtadan cheksizlikka ko'chirishda bajarilgan ishga tengdir, degan xulosa kelib chiqadi.

SI da potensial va potentsiallar ayirmasi birligi sifatida Volt qabul qilingan . qiymati bo'yicha 1 Volt shunday nuqtaning potensialiga tengki, 1 kulon zaryadni cheksizlikdan shu nuqtaga ko'chirish uchun 1 Joule ish bajarish kerak:

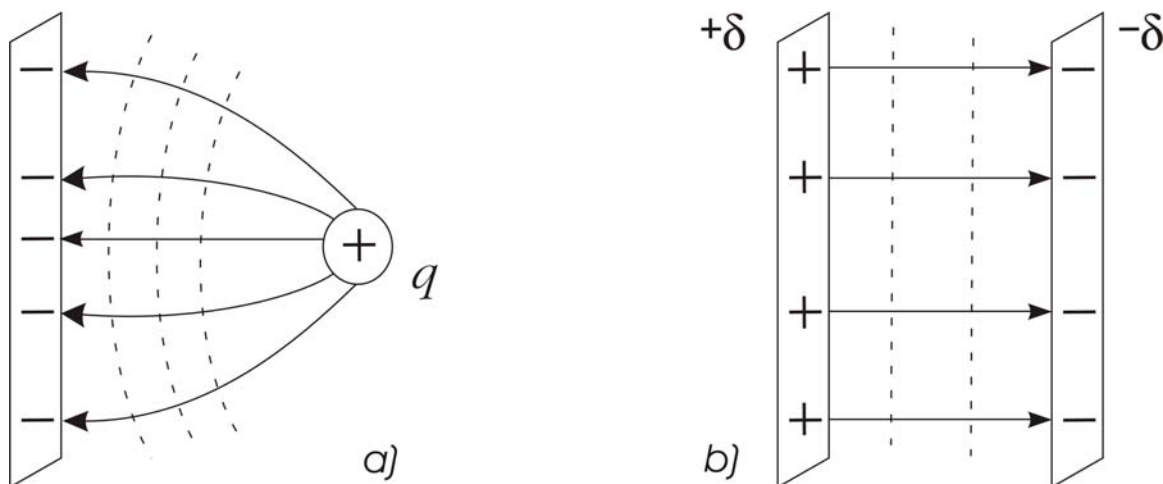
$$1J = 1Kl \cdot 1V; \quad 1V = \frac{1J}{1Kl}$$

Maydonning xususiyatlarini o'rganishda uning potentsiallari muhim o'rin tutadi. Jumladan, maydonning ikki ixtiyoriy nuqtasi orasidagi potentsiallari ayirmasining shu nuqtalar orasidagi masofaga nisbati maydonning ta'sirchanlik darajasini belgilaydigan kattalikdir.

Potentsiallari teng bo'lgan nuqtalarning ham maydonning xususiyatini o'rganishdagi ahamiyati kattadir. Bunday nuqtalarning majmuasi ekvipotensial sirtni tashkil qiladi. Ekvipotensial sirt bo'ylab q zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish (10) ifodaga asosan 0 ga tengdir, chunki $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$. U holda (4) formulaga asosan ℓ traektoriya qismida bajarilgan ish $Fd\ell \cos \alpha$ ham 0 ga teng bo'ladi. Ammo $F \neq 0$, $d\ell \neq 0$ bo'lganligi sababli, faqat $\cos \alpha = 0$ bo'lgandagina bu shart bajariladi.

Demak, $\alpha = 90^\circ$ bo'lishi kerak ekan. Bu kuchlanganlik chiziqlari ekvipotensial sirtga hamma vaqt perpendikulyar yo'nalgan ekanligini bildiradi.

4,a – rasmda manfiy zaryadlangan P tekislik va musbat zaryadlangan nuqtaviy zaryad orasida vujudga kelgan elektr maydon, 4,b – rasmda esa qarama – qarshi ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan teng yuzali va o'zaro parallel ikkita yassi plastinka orasida vujudga kelgan elektrostatik maydon kuch chiziqlari orqali tasvirlangan. Bu rasmlarda punktir chiziqlar orqali ekvipotensial 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'lanishlarni ko'raylik. Buning uchun maydonning kuch chizig'i yo'nalishida q zaryadni bir ekvipotensial sirtidan ikkinchi ekvipotensial sirtga ko'chiramiz. Ekvipotensial 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'zgarmas deb hisoblab, q zaryadning shu masofaga ko'chishida bajarilgan ishni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

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

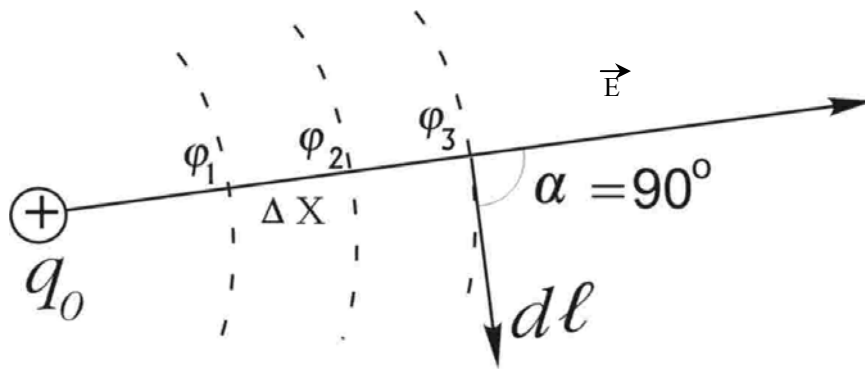
Ikkinchi tomondan, ishni zaryadning potentsial energiyasi kamayishi orqali ham ifodalash mumkin.

$$\Delta A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = q\Delta\varphi \quad (13^1)$$

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

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

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



5 – rasm.

Ushbu laboratoriya ishini bajarishdan maqsad turli shakldagi zaryadlangan elektrodlar hosil qilgan elektrostatik maydonning potentsiallari $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots$ ga teng bo'lgan ekvipotensial sirtlarni (5-rasm) aniqlash, shuningdek, ekvipotensial sirtlarga tik yo'nalgan maydon kuchlanganligi E ni ham miqdoriy jihatidan, ham yo'nalish bo'yicha tekshirishdan iboratdir.

Bu ishini bajarish uchun 6 – rasmda ko'rsatilgan elektr sxema yig'iladi. Bu yerda M – suv solingan vanna, B va D – elektrodlar, S – zond, G – galvanometr, R – potensiometr, V – voltmeter, R – qo'shimcha qarshilik, ε – 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. S zond potensiometrning C qo'zg'aluvchan katagiga ulangan. Bu potensiometrning CM qismidagi kuchlanish voltmeter yordamida ulanadi. Uning qiymatini C kontakti siljitish orqali o'zgartirish mumkin.

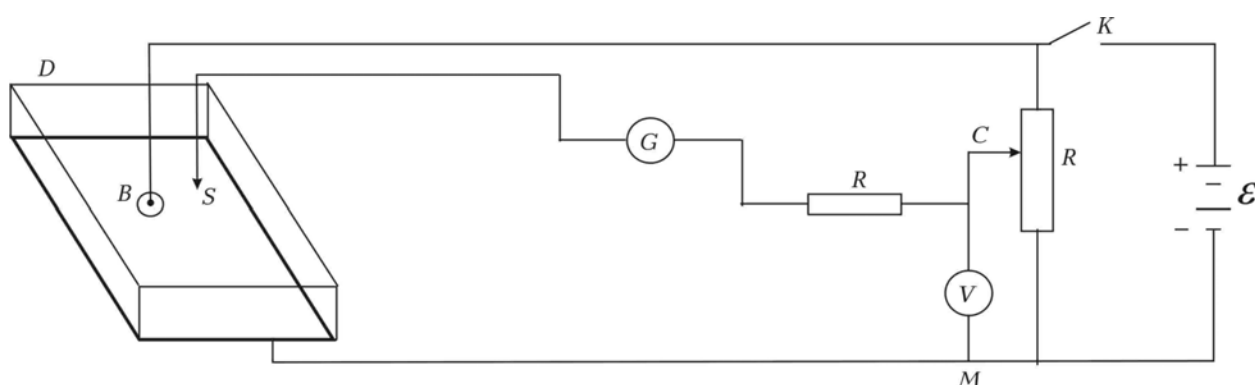
Ishni bajarish tartibi.

Vannaga B va D elektrodslarni o'rnatib, $0,2 \div 0,5 \text{ sm}$ qalinlikda suv quyiladi. Qo'zg'aluvchan kontakt C ni voltmetrda 5 V li kuchlanish hosil qilinadi. Zond yordamida B elektrod atrofida potentsiali 5 V ga teng nuqtalar qidiriladi. (Topilgan nuqtalar orasidagi masofa 1 sm dan oshmasligi kerak). Kontakt egallagan C nuqta bilan S zond ko'rsatgan nuqtalarning potentsiallari teng bo'lganligi sababli shu nuqtalarda galvanometrning ko'rsatishi nolga mos keladi, ya'ni galvanometrda o'tayotgan tok nolga teng bo'ladi. Qayd qilingan nuqtalarning X, Y o'qlariga nisbatan koordinata qiymatlari yozib olinadi. Bu nuqtalarni ixtiyoriy masshtabda millimetrli qog'ozga tushurib, so'ng ularni bir – biri bilan tutashtirilsa, potentsial qiymati 5 V ga teng bo'lgan ekvipotensial sirt chizig'i hosil bo'ladi.

C kontakti siljitib voltmetrda 3 V , songra 2 V kuchlanish hosil qilinadi. S zondni siljitib shu kuchlanishlarga mos keluvchi ekvipotensial sirtlarning chiziqlari aniqlanadi, ya'ni 2 va 3 – bandlarda bajarilgan ishlar takrorlanadi. B elektrod o'rniga boshqa shakldagi elektrod o'rnatib tajriba takrorlanadi. Topilgan har bir ekvipotensial chiziq nuqtalarining koordinatalari quyidagi jadvalga yoziladi.

№	Elektrodlar shakli	1 - chorak		2 - chorak		3 - chorak		4 - chorak	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1									
2									
3									
4									
5									
6									

Potensialning kamayishiga qarab maydon kuchlanganligining yo'nalishi, hamda (14) formula asosida kuchlanganlik qiymati aniqlanadi.



6 – rasm.

Savollar.

1. Elektr maydonni xarakterlovchi fizik kattaliklarni ayting va ularning o'lchamlarini ko'rsating.
2. Nuqtaviy zaryadlar uchun kuchlanganlik va potensial ifodasini yozing.
3. Elektr maydon kuchlanganligi va potensial o'zaro qanday bog'langan?
4. Kuch chiziqlari hamda ekvipotensial chiziqlar mazmunini tushuntiring.
5. Elektrostatik maydon kuch chiziqlarining ekvipotensial sirtlarga perpendikulyar ekanligining sababi nimada?
6. Potensial maydon deganda nimani tushunasiz?

3 – ish.

Kondensator sig'imini Uitson ko'prigi yordamida o'lchash.

Kerakli asbob va buyumlar: reoxord, telefon yoki ossilograf, sig'implar magazini, no'malum sig'imli ikkita kondensator, kalit, o'zgaruvchan tok manbai.

Nazariy qism.

Boshqa o'tkazgich va zaryadlardan cheksiz uzoqda joylashgan, ya'ni yakkalangan bir o'tkazgichni tekshiraylik. Agar, shu o'tkazgichga zaryad berilsa, unda qiymati shu zaryad miqdoriga proporsional bo'lgan potensial yuzaga keladi.

Tajribalarning ko'rsatishicha turli o'lchamga hamda shaklga ega bo'lgan o'tkazgichlar bir xil miqdordagi elektr zaryad bilan zaryadlansa, ularning potentsiali turlicha bo'lar ekan.

O'tkazgichga berilgan zaryad bilan shu o'tkazgichda yuzaga keladigan potentsial orasidagi bog'lanishning chiziqli xususiyatga ega ekanligini e'tiborga olib quyidagi ifodani yozish mumkin:

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

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

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

ko'rinishida 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 kattalikka aytiladi. Xalqaro birliklar sistemasi (SI) da elektr sig'imi birligi qilib farada (F) olingan. Yakkalangan otkazgichga 1 Kl zaryad berilganda uning potentsiali $1V$ ga ortsa, shu o'tkazgichning elektr sig'imi 1 faradaga teng, ya'ni

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

Miqdoran $1F$ ga teng sig'im nihoyatda kattadir. Haqiqatdan ham, radiusi 9010^6 km , ya'ni Yer shari radiusidan 1400 marta katta bo'lgan yakka sharsimon o'tkazgichning elektr sig'imi 1 faradaga teng bo'lar ekan. Shu sababli amalda $1\text{ mkF} = 10^{-6}$ (mikrofarada), $1\text{ nkF} = 10^{-9}$ (nonofarada), $1\text{ pF} = 10^{-12}$ (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 o'tkazgichlar sistemasidan foydalanishga to'g'ri keladi. Bunday o'tkazgichlar sistemasi **kondensator** deb ataladi. Masalan, bir – biridan dielektrik muhit bilan ajratilgan sirt yuzalari teng, ikkita va undan ortiq yassi plastinkadan iborat sxemaga **yassi kondensator** deb ataladi. Dielektrik muhit bilan ajratilgan ikkita qo'shni plastinka qarama – qarshi zaryadlangan bo'ladi.

Tajribadan ma'lumki, ikki plastinkadan iborat yassi kondensatorning elektr sig'imi har bir plastinkadagi zaryadning shu plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi (kuchlanishga) nisbatiga tengdir:

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

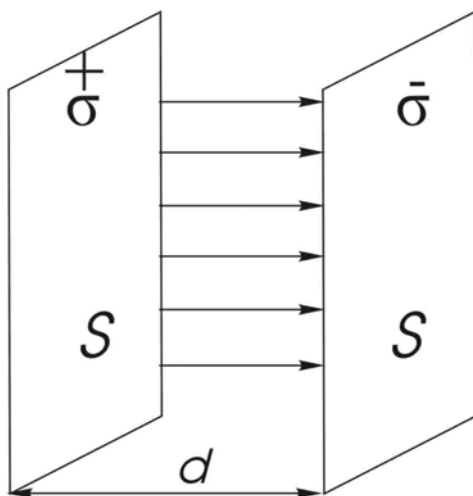
Plastinkalar odatda qoplama deb yuritiladi. Shunga ko'ra, sig'im uchun shunday ta'rif berish mumkin. **Kondensator sig'imi** uning qoplamalari orasidagi potentsiallar ayirmasini bir birlikka orttirish uchun zarur bo'lgan zaryad miqdori bilan o'lganuvchi kattalikdir.

Qoplamalar orasidagi masofa d , qoplamalar yuzi S va qoplamalar orasiga qo'yilgan moddaning dielektrik singdiruvchanligi bo'lgan yassi kondensatorning elektr sig'imi yuqori kattaliklar orqali qanday ifodalanishini ko'rib o'tamiz (1-rasm). Qoplamalar orasidagi bir jinsli maydon kuchlanganligi E xuddi shu oraliqda mavjud bo'lgan potentsiallar ayirmasi $\varphi_1 - \varphi_2$ bilan quyidagicha bog'langan:

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

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

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



1 - rasm.

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

Bu ifodani (2) tenglik bilan taqqoslasak, izlanayotgan yassi kondensator sig'imi quyidagi formula bilan aniqlanishini 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 kerak 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 mavjud: 1) ketma – ket ulash (2-rasm);
2) parallel ulash (3-rasm).

1. Kondensatorlarni ketma – ket ulash.

Ketma ket ulashda (2-rasm) kondensatorning musbat zaryadli qoplamasi qo'shni kondensatorning manfiy zaryadli qoplamasi bilan ulangan (tutashgan) bo'ladi. Demak, barcha qoplamalar zaryadlari qiymati bo'yicha o'zaro teng, ammo har bir ulangan ikkita qoplamalar sistemasida umumiy zaryad miqdori nolga teng bo'ladi. Bunda umumiy potentsiallar ayirmasi har bir kondensator uchun alohida taqsimlanadi, ya'ni

$$\varphi = \Sigma \varphi_i$$

Ketma – ket ulangan kondensatorlarning ixtiyoriy bittasi uchun

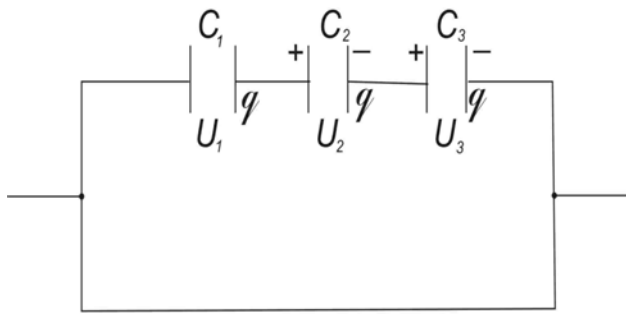
$$\Delta\varphi = \frac{q}{C_i} \quad (8)$$

Ifodani yozish mumkin. Ikkinchi tomondan barcha kondensatorlar uchun

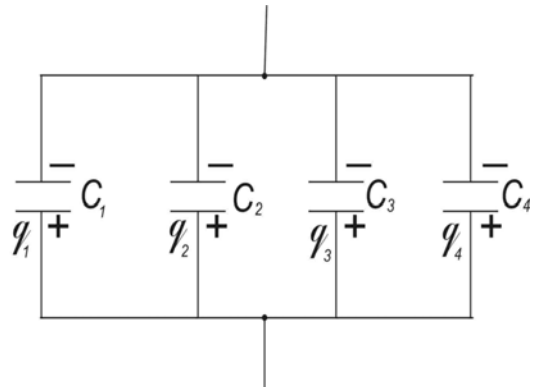
$$\Delta\varphi = \frac{q}{C} = \frac{q}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}}$$

bo'ladi. Bundan, ketma – ket ulangan n ta kondensatorning umumiy sig'imi $\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$ (9) ifoda bo'yicha aniqlanar ekan.

Demak, kondensatorlar ketma – ket ulansa, umumiy sig'im kichiklashadi.



2 – rasm.



3 – rasm.

2. Kondensatorlarni parallel ulash.

Parallel ulangan kondensatorlar qoplamasidagi potentsiallar ayirmasi barcha kondensatorlar uchun bir xil bo'lib, $\varphi_1 - \varphi_2$ ga ($\Delta\varphi$) teng. Agar kondensatorlar sig'imi C_1, C_2, C_3 va hakoza bo'lsa, bu holda har bir kondensatordagi zaryadni $q_1 = C_1(\varphi_1 - \varphi_2), q_2 = C_2(\varphi_1 - \varphi_2), q_3 = C_3(\varphi_1 - \varphi_2) \dots, q_n = C_n(\varphi_1 - \varphi_2)$ (10)

ifodalar yordamida aniqlash mumkin. Barcha kondensatorlarning umumiy zaryadi

$$q_{um} = q_1 + q_2 + q_3 = C_1(\varphi_1 - \varphi_2) + C_2(\varphi_1 - \varphi_2) + C_3(\varphi_1 - \varphi_2); \quad q = (\varphi_1 - \varphi_2) \sum_{i=1}^n C_i \quad (11)$$

$$C = \sum_{i=1}^n C_i = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (12)$$

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

Bu ishda kondensatorlarning sig'implari Uitston ko'prigi yordamida aniqlanadi. Ma'lumki kondensator qoplamalari orasida dielektrik qatlam qo'yilganligi sababli o'zgarmas tok kondensatordan o'tmaydi. Shu sababli, ishni bajarishda o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi. Agar kondensatorning qoplamalari o'zgaruvchan tok manbaiga ulansa, u holda kondensator qoplamalari 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'zgaruvchi elektr yurituvchi kuchi (EYuK) bo'lgan tok manbaiga ulangan bo'lsin.

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$$

Bu yerda ε – EYuK ning ixtiyoriy t momentdagi qiymati. ε_0 – EYuK ning maksimal (amplitudaviy) qiymati, ω – davriy chastota.

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

Kondensator qoplamasidagi zaryad miqdorini sig'im formulasiga ko'ra quyidagicha aniqlash mumkin:

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

Demak, qoplamalardagi zaryad ham sinuslar qoidasi bo'yicha o'zgaradi. (13) ifodani vaqt bo'yicha differensiallaymiz va bunda zaryadning vaqt bo'yicha o'zgarishi tok kuchiga teng ekanligini e'tiborga olamiz:

$$\frac{dq}{dt} = I = C\omega\varepsilon_0 \cos \omega t \quad (14)$$

Demak, tok kuchi ham davriy ravishda o'zgarar ekan. Uning qiymati maksimal $\cos \omega t = 1$ bo'lganda;

$$I_0 = C\omega\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_0}{\frac{1}{\omega C}} \quad (15)$$

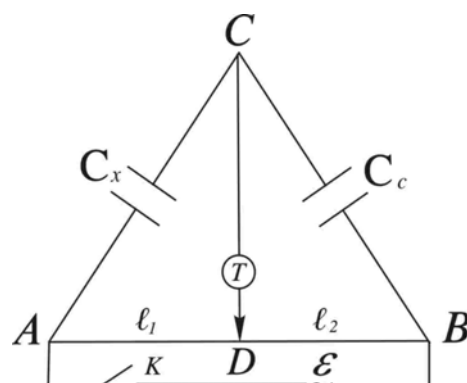
ko'rinishga ega bo'lamiz. (15) ifodani Om qonuni formulasi ($I = \frac{E}{R}$) bilan taqqoslasak, $\frac{1}{\omega C}$ kattalik qarshilik vazifasini o'tashini bilishimiz mumkin, uni R_c deb belgilab,

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

ifodani yozishimiz mumkin. R_c – kondensatorning sig'imi qarshiligi deyiladi.

Kondensatorning sig'imini o'lchash uchun qo'llaniladigan elektr zanjir sxemasi (Uitston ko'prigi sxemasi) 4 – rasmda tasvirlangan. Bu sxemadan o'zgaruvchan EYuK manbai. C_0 – sig'imi ma'lum bo'lgan kondensator, C_x – sig'imi o'lchanishi lozim bo'lgan kondensator, K – kalit, 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'priknining muvozanat holati deyiladi. Tabiiyki, bunda C va D nuqtalardagi potentsiallari tenglashgan bo'ladi.

Reoxord simining D nuqtaga nisbatan chap va o'ng qismlari uzunligini mos ravishda ℓ_1 va ℓ_2 deb belgilab olamiz. Ular reoxord yelkalari deb ataladi. Ko'priknining muvozanat holati ($I_D = 0$) da 4 – rasmdagi elektr zanjiriga nisbatan quyidagi ayniyatlarni yozish mumkin:



4 – rasm.

$I_0 = I_x$ va $I_1 = I_2$ (17). Shuningdek, C va D nuqtalarda potentsiallar qiymatlari tengligi ($\varphi_C = \varphi_D$) dan $ACDA$ kontur uchun

$$\varphi_A - \varphi_C = \varphi_A - \varphi_D \quad (18) \quad \text{yoki} \quad I_x R_x = I_1 R_1 \quad (19).$$

Shuningdek, $CBDC$ kontur uchun $I_0 R_{C_0} = I_2 R_2$ (20) ni yozish mumkin.

19 va 20 tengliklarning chap va o'ng tomonlarining nisbatini olamiz, hamda tok kuchlari uchun (17) ifodadan foydalanib noma'lum qarshilik uchun (21) tenglamaga kelish mumkin. Bu yerda R_{C_x} va R_{C_0} sig'imiylar qarshiliklardir. Reoxordning simini bir jinsli va ko'ndalang kesimini S deb hisoblab, qarshilikning bizga tanish $R = \rho \frac{\ell}{S}$ formulaga kelamiz. $R_{C_x} = R_{C_0} \frac{R_1}{R_2}$ (21) ifodasini R_1 va R_2

larning o'rniga qo'yib, sig'imiylar qarshilik uchun

$$R_{C_x} = R_{C_0} \frac{\ell_1}{\ell_2} \quad (22)$$

tenglikka ega bo'lamiz. (16) va (22) formulalardan quyidagi ifodani topamiz:

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

Bu ifoda noma'lum sig'imni C_0 , ℓ_1 va ℓ_2 ma'lum qiymatlar orqali topishga imkon beradi.

Ishni bajarish tartibi.

1. 4 – rasm bo'yicha elektr zanjiri yig'iladi. Zanjirga sig'imi noma'lum bo'lgan C_{x_1} kondensator ulanadi.

2. D kontakti reoxordning o'rtasiga qo'yiladi. Sig'imlar magazinidan shunday C_0 sig'im tanlab olinadiki, bunda telefonning tovushi eng past (ossillografdagi signal minimal) bo'lsin. So'ngra D kontakti reoxord bo'ylab surib, telefondagi tovush (ossillografdagi signal) ning o'zgarishi qayd qilib boriladi. Telefonda tovush yo'qolishi (ossillografdagi signal nolga teng bo'lishi) bilan kontakti surish to'xtatiladi. Shu nuqtaga nisbatan reoxordning yelkalari uzunliklari ℓ_1 va ℓ_2 jadvalga yozib olinadi. Bu tajribani uch marta takrorlash lozim.

3. Sig'imi noma'lum birinchi kondensator o'rniga ikkinchi noma'lum sig'imli C_{x_2} 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 uch marta takrorlanadi.

5. Tajribada topilgan ℓ_1 va ℓ_2 hamda C_o qiymatlarni (23) formulaga qo'yib, har bir kondensatorning sig'imi hisoblab topiladi. Shuningdek, bu 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.

		C_o	ℓ_1	ℓ_2	C_x	$\overline{C_x}$
C_{x_1}	1					
	2					
	3					
C_{x_2}	1					
	2					
	3					
<i>Ketma-ket</i>	1					
	2					
	3					
<i>Parallel</i>	1					
	2					
	3					

Savollar.

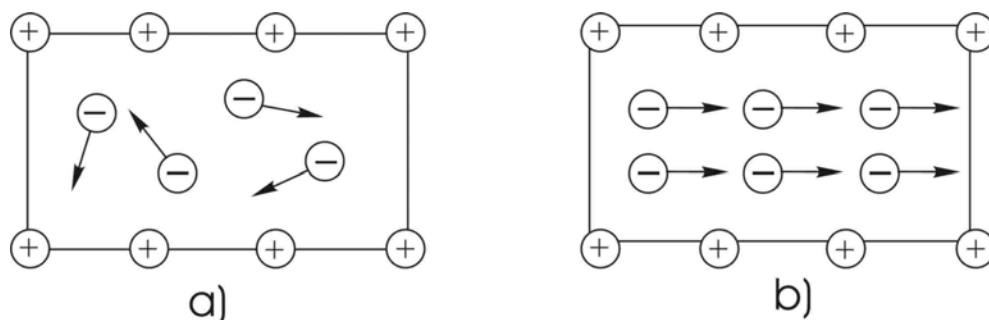
1. Elektr sig'im deb qanday fizik kattalikka aytiladi va u qanday birliklarda o'lchanadi?
2. Kondensator qanday elektr asbob? Uning vazifasi nimadan iborat?
3. Kondensatorlarni ketma-ket va parallel ulaganda natijaviy sig'imi qanday formulalar asosida topiladi?
4. Kondensatorlarning o'zgaruvchan tokka nisbatan qarshiligi qanday aniqlanadi?
5. Yassi kondensatorlarning sig'imini aniqlash formulasini keltirib chiqaring.
6. Nima uchun sig'imni o'lchashda o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi?

Galvanik elementlarning elektr yurituvchi kuchini kompensatsiya usuli bilan o'lchash.

Nazariy qism.

1. Tok kuchi tushunchasi.

O'tkazgich, ya'ni metalni bir jinsli elektr maydoniga kiritaylik. Elektr maydoni ta'sirida elektronlar ma'lum yo'nalishda tartibli harakat qila boshlaydilar. Buning natijasida metal ichida elektr toki vujudga keladi. Albatta, elektronlar bunda o'zlarining dastlabki tartibsiz harakatlarini ham saqlab qoladilar. Metal o'tkazgichdagi elektronlarning tartibli harakati 1, b – rasmda tasvirlangan.



Odatda elektr tokining yo'nalishi sifatida musbat ishorali zaryadlarning yo'nalishi qabul qilinadi.

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

Xalqaro birliklar sistemasi SI da tok kuchi birligi Amper ($1 A$) ga tengdir.

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, Amper fizikaning "elektr" qismida asosiy fizik kattalik hisoblanadi. Elektr zaryad birligi – Kulon Amper orqali quyidagicha aniqlanadi:

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

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.

Shu o'rinda yana bir fizik kattalik – tok zichligi bilan tanishib o'taylik. O'tkazgichning ko'ndalang kesim birligidan o'tuvchi tok kuchi bilan aniqlanuvchi fizik kattalikka tok zichligi deyiladi. Bunda ko'ndalang kesim tok yo'nalishiga perpendikulyar bo'lishi lozim. Bundan tok zichligi vektor tabiatga ega ekanligi kelib chiqadi. Tok zichligi vektorining yo'nalishi musbat zaryadlar harakati yo'nalishiga mos keladi.

2. Elektr yurituvchi kuch va kuchlanish.

Ikkita turli ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan o'tkazgich olaylik va ularni uchinchi o'tkazgich bilan birlashtiraylik (2-rasm). Birinchi A o'tkazgich φ_1 potensialgacha, ikkinchi B o'tkazgich φ_2 potensialgacha zaryadlangan bo'lsin ularni kontaktga keltiruvchi uchinchi o'tkazgichni C deb belgilaymiz. Maydon ta'sirida ACB yo'nalishida elektronlarning ko'chishi yuzaga keladi, yoki o'tkazgich bo'ylab BCA yo'nalishda elektr tok hosil bo'ladi. Tokning o'tishi bilan potentsiallar qiymati tenglasha boradi. Ular tenglashgach o'tkazgich ichida maydon kuchlanganligi nolga teng bo'ladi. Tok to'xtaydi.

Zanjirda o'zgarmas tok mavjud bo'lishi uchun turli ishorali zaryadlar qaytadan ajratilib, ular avval joylashgan o'tkazgichlardagi o'rinlarga, ya'ni musbat ishorali zaryadlar B o'tkazgichga, manfiy ishorali zaryadlar A o'tkazgichga qaytishlari kerak.

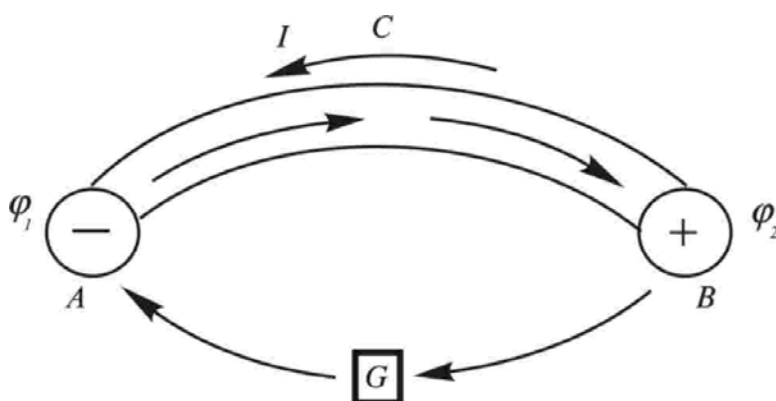
Bunday vazifani bajaruvchi tok manbai deb ataluvchi qurilma (yoki generator) lar zaryadlarga, shu jumladan, elektronlarga elektrostatik tabiatga ega bo'lmagan kuchlar bilan t'asir qiluvchi bunday noelektrostatik tabiatga ega bo'lgan kuchlarga tashqi kuchlar deyiladi.

Tashqi kuchlarning tabiati turlicha bo'lishi mumkin. Masalan, galvanic elementlarda bu kuchlar elektrodlar va elektrolitlar o'rtasida vujudga keladigan kimyoviy reaksiyalar energiyasi hisobiga hosil bo'ladi; o'zgarmas tok generatorlarida esa magnit maydoni energiyasi hamda yakorning aylanma harakatining kinetic energiyasi hisobiga hosil bo'ladi.

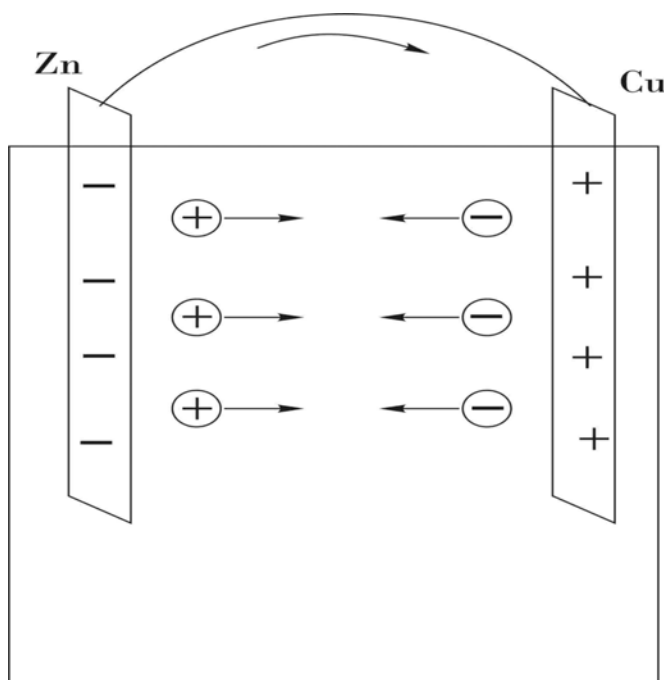
Misol tariqasida, Voltaning galvanic elementi ishlashida sodir bo'ladigan jarayonlarni mufassalroq ko'rib o'taylik. Sulfat kislota eritmasiga rux elektrodi tushiriladi. Sulfat kislota eritmasi bilan reaksiyaga kirishish natijasida rux elektrodi musbat ionlarni eritmaga berib, o'zi manfiy zaryadlanib qoladi. Natijada. Rux elektrodi bilan eritma orasida potentsiallar ayrimasi vujudga keladi. So'ngra shu

eritmaga sulfat kislota kam eriydigan ikkinchi mis elektrodi tushiriladi. Mis elektrodi o'zida mavjud bo'lgan manfiy elektronlarini musbat ishorali eritmaga berib, o'zi ortiqcha musbat ishorali zaryadga ega bo'ladi (3-rasm). Rux elektrodida manfiy zaryad to'planganligini eslasak, eritmada ikki xil zaryadli ikkita elektrod mavjud ekanligiga ishonch hosil qilamiz. Bu holda rux elektrodi bilan mis elektrod orasida taxminan $1,1\text{ V}$ potentsiallar ayirmasi vujudga keladi. Bu elektrolarni o'zaro metal sim bilan ulansa, potentsiallar farqi tufayli elektr toki hosil bo'ladi (3-rasm).

Elementning tashqi zanjirga ulanadigan qisqichi uning qutbi deyiladi. Musbat potentsialli qutb musbat qutb, manfiy potentsialli qutb esa manfiy qutb deb ataladi.



2-rasm.



3-rasm.

Shunday qilib, elektr zaryadlari tashqi kuchlar hosil qilgan maydon hisobiga

tok manbai ichida elektrostatik maydon kuchlariga qarama – qarshi yo'nalishda harakat qilib, tashqi zanjir qutblarida (uchlarida) potentsiallar ayirmasini saqlab turadi. Bu esa o'zgarmas tok oqishini ta'minlaydi.

Tashqi kuchlar zaryadlarini ko'chirar ekan, tabiiyki, ular ish bajaradi. Tashqi kuchlar maydoni kuchlanganligi E^* deb belgilansa, bu kuchlar maydonning $d\ell$ qismida bajargan ishi zaryad ko'chirishga sarflab, uning ifodasi

$$dA_1 = qE^* d\ell \quad (2)$$

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

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

(3) ifodaning ikki tomonini ko'chirilayotgan zaryad miqdori q ga bo'lamiz:

$$\frac{A_T}{q} = \oint_{\ell} E^* d\ell \quad (4)$$

Bu yerda

$$\oint_{\ell} E^* d\ell = \varepsilon \quad (5)$$

ifoda bilan aniqlanuvchi kattalik manbaning elektr yurituvchi kuchi (EYuK)

deyiladi. Demak, (4) ifodani $\varepsilon = \frac{A_T}{q}$ (6) ko'rinishida yozish mumkin. Agar

zaryad zanjirning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko'chirilayotgan bo'lsa, EYuK

ifodasi quyidagicha yoziladi: $\varepsilon_{12} = \int_1^2 E^* d\ell$ (5¹)

Demak, tashqi kuchlarning birlik musbat zaryadi berk zanjir bo'yicha yoki zanjirning biror qismi bo'yicha ko'chirishda bajargan ishiga teng bo'lgan kattalik berk zanjirdagi yoki uning biror qismidagi elektr yurituvchi kuch deyiladi. Elektr yurituvchi kuch (EYuK) ning o'lchov birligi (6) ifodaga ko'ra voltdir (V).

Zaryadga tashqi kuchlardan tashqari elektrostatik maydon kuchlari ham ta'sir qilayotgan bo'lsin. U holda zanjirning 1-2 qismi (2-rasm) natijaviy kuchlar tomonidan q zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$A_{12} = q \int_1^2 E^* d\ell + q \int_1^2 E d\ell$$

Elektrostatik maydoni uchun potentsiallar ayirmasi formulasi (5) ni qo'llasak:

$$A_{12} = q\varepsilon_{12} + q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (7)$$

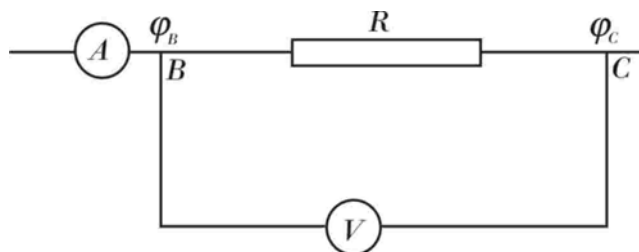
ifodaga kelimiz. Bundan yana bir muhim kattalik – kuchlanish tushunchasiga kelimiz. Zanjirning 1-2 qismidagi kuchlanish deb shu qismda elektrostatik va tashqi kuchlar tomonidan birlik musbat zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish miqdoriga teng fizik kattalikka aytiladi. Demak, (7) ifodaga asosan:

$$U_{12} = \varepsilon_{12} + (\varphi_1 - \varphi_2) \quad (8)$$

3. Om qonuni. O'tkazgichlar qarshiligi.

Electron o'tkazuvchanlikning klassik nazariyasiga ko'ra, elektronlar metal ichida oson, tartibli harakat qila olmaydilar. Ular o'z yo'lida musbat zaryadli

ionlarga duch kelib, ular to'qnashishlari natijasida o'zlarining tartibli harakat tezligini yo'qotadilar. Tashqi maydon ta'sirida o'z tezliklarini tiklagach, yana to'qnashuv sodir bo'ladi va bu tezlik (ya'ni tartibli harakat) energiyasi yana ionlarga beriladi. Birmuncha soddalashtirilgan bu manzara elektronlar harakatida doimo namoyon bo'lib turadi. Tartibli harakat tezligining shunday yo'qotilib turishi o'tkazgichning elektr qarshiligiga ekvivalentdir.



4 – rasm.

Tok kuchi o'zgarmasdan saqlanishi uchun qarshilikka ma'lum miqdorda kuchlanish berish lozim. Masalan, R qarshilikli BC o'tkazgichdan I tok o'tayotgan bo'lsan. (4-rasm). O'tkazgich uchlaridagi kuchlanishni V voltmeter, 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 qonuniyat zanjirning bir qismi uchun Om qonuni deb aytiladi va uning matematik ifodasi

$$I = \frac{U}{R} \quad (9)$$

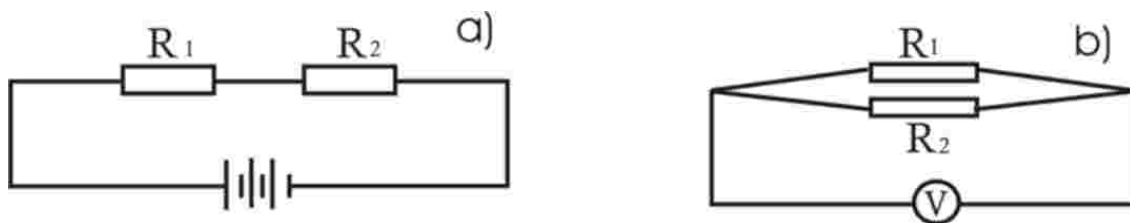
ko'rinishda bo'ladi. (9) ifodadan qarshilik birligini aniqlash mumkin. SI da qarshilik o'lchov birligi Om bo'lib, u tok kuchi va kuchlanish birliklari orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$1Om = \frac{1V}{1A}$$

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

$$R = \rho \frac{\ell}{S} \quad (10)$$

Bu yerda ℓ - o'tkazgich uzunligi, S - ko'ndalang kesim yuzasi, ρ - o'tkazgich yasalgan metalning tabiatiga bog'liq bo'lgan koeffitsient bo'lib, solishtirma elektr qarshilik deb ataladi. SI da $Om \cdot m$ larda o'lchanadi. O'tkazgichlarning o'zaro ketma-ket yoki parallel ulab, lozim bo'lgan qarshiliklarni hosil qilish mumkin. 5, a va b – rasmlarda o'tkazgichlarni ketma – ket va parallel ulash sxemalari keltirilgan.



5 – rasm.

O'tkazgichlar ketma – ket ulanganda tok kuchi har bir o'tkazgichda bir xil bo'lib, kuchlanish esa har bir qarshilikka turlicha taqsimlanadi. Shunga ko'ra, umumiy qarshilik har bir o'tkazgich qarshiliklarining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (11)$$

O'tkazgichlar parallel ulanganda kuchlanish hamma qarshiliklarga bir xil tushadi, tok kuchi esa tarmoqlanib har bir qarshilikka turlicha taqsimlanadi. O'tkazgichlar parallel ulanganda qarshilik quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (12)$$

4. Tokning ishi va quvvati. Joule – Lens qonuni.

Kuchlanish qo'yilgan bir jinsli o'tkazgichni kondensator o'kib chiqaylik. Shu o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan dt vaqt davomida zaryad o'tadi. Zaryadning ko'chishi maydon hisobiga bo'lishi eslansa, bajarilgan ish

$$dA = Uq = IUdt \quad (13)$$

ifoda bo'yicha aniqlanishini anglash qiyin emas. Agarda o'tkazgichning qarshiligi R ga teng bo'lsa, Om qonuniga ko'ra:

$$dA = I^2 R dt = \frac{U}{R} dt$$

$$P = \frac{dA}{dt} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (14)$$

(13) va (14) ifodalar yordamida tokning quvvatini topish mumkin.

Agar tok kuchi Amperlarda, kuchlanish Voltlarda, qarshilik Omlarda o'lchansa, tokning ishi Joulda, quvvati Vattlarda o'lchanadi.

Elektr toki qo'zg'almas metal 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

$$dQ = I^2 R dt = \frac{U}{R} dt$$

(14) ifoda Joule – Lens qonunini ifodalovchi tenglamadir.

Tartibli harakat qiluvchi elektronlar o'z tartibli tezliklarini ionlar bilan to'qnashish natijida yo'qotishlari yuqorida aytib o'tilgan. Tartibli tezlikni yo'qotish mexanik energiyani yo'qotish bilan ekvivalent ekanligini eslasak, ionlarga muttasil energiya berilib turilar ekan, degan xulosaga kelish mumkin. Bu

energiya issiqlik energiyasi tarzida metallardan ajralib turishi Joule – Lenz qonuni sifatida izohlashga imkon beradi.

5. Bir jinsli bo'lmagan zanjir uchun Ohm qonuni.

Bir jinsli bo'lmagan zanjir deganda, biz zanjirda yoki uning bir qismida ham elektr yurituvchi kuchlar, ham potentsiallar ayirmasi qo'yilgan holni ko'zda tutamiz. Agar tok o'tayotgan o'tkazgich qo'zg'almas bo'lsa, barcha (tashqi hamda elektrostatik) kuchlarning bajargan ishi issiqlik ajralishiga sarflanadi. Bu ish miqdori

$$A_{12} = q\varepsilon_{12} + q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (16)$$

ifoda yordamida aniqlanadi. O'z navbatida ish ajralib chiqayotgan issiqlik miqdoriga teng, ya'ni:

$$dQ = I^2 R dt = IR(I dt) = IRq \quad (17)$$

(16) va (17) formulalardan

$$IR = \varepsilon_{12} + (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Ifodani olish mumkin yoki

$$I = \frac{\varepsilon_{12} + (\varphi_1 - \varphi_2)}{R} \quad (18)$$

(18) ifoda bir jinsli bo'lmagan zanjirning bir qismi uchun Ohm qonuni deyiladi.

Agar zanjir berk bo'lsa, u holda 1 va 2 nuqtalar ustma –ust tushadi, demak $\varphi_1 = \varphi_2$ va (18) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

Har qanday berk zanjirni ikki qismga: tashqi R qarshilikli, U_1 kuchlanish tushuvchi qismga va ichki r qarshilikli, U_2 kuchlanish tushuvchi qismga ajratish mumkin. Bu yerda r – ichki qarshilik deyilib, u tok manbaining ichida sodir bo'luvchi jarayonlar bilan bog'liqdir. Ohm qonuniga asosan $U_1 = IR$, $U_2 = Ir$.

U_1 va U_2 larning yig'indisi tok manbaining EYuK ga teng:

$$\varepsilon = U_1 + U_2$$

yoki

$$\varepsilon = IR + Ir$$

bundan

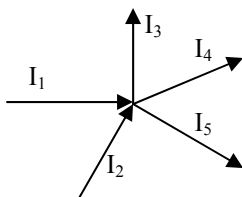
$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (19)$$

(19) tenglik berk zanjir uchun Ohm qonunining ifodasidir.

6. Tarmoqlangan zahjirlar uchun Kirxgof qoidalari.

Ba'zi amaliy masalalarni yechishda bir muncha murakkab tarmoqlangan zanjirlardagi tok kuchi kuchlanishi va hokazolarni aniqlashga to'g'ri keladi. Ohm qonuni formulalari asosida bu masalalarini 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. (b-rasm).



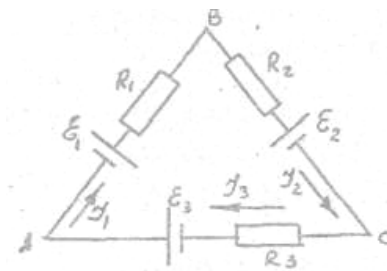
Tugunga kelayotgan toklar musbat ishora bilan tugundan ketayotgan toklar esa manfiy ishora bilan belgilanadi. Kirxgofning birinchi qoidasini shunday ta'riflanadi: "Tugunga kelayotgan va undan ketayotgan toklarning algebraik yig'indisi nolga teng". 6- rasmدا tasvirlangan. Toklar uchun Kirxgofning birinchi qoidasi ifodasi quyidagi ko'rinishda yoziladi;

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

yoki

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0 \quad (20)$$

Kirxgofning birinchi qoidasi zaryadning saqlanish qonunining natijasidir. Haqiqatdan ham, zanjirning biror qismda zaryad to'planmasligi lozim, aks holda tok o'zgarmas bo'lmagan bo'lardi. Kirxgofning ikkinchi qoidasi tarmoqlangan zanjir uchun Om qonuni umumlashtirishdan kelib chiqadi. 7-rasmدا tasvirlangan zanjirni ko'raylik. Ixtiyoriy tarzda biror yo'nalishni, misol uchun soat strelkasi yo'nalishini musbat ishorali deb inlab olaylik. Konturni shu yo'nalish bo'yicha aylanib o'tuvchi kattaliklar (tok kuchi, kuchlanish) musbat ishorali teskari yo'nalishida aylanib o'tuvchi kattaliklar manfiy ishorali deb qabul qilinadi. Masalan, konturni soat strelkasi bo'yicha aylanib o'tuvchi vujudدا keltirilgan EYUK musbat hisoblanadi.



7-rasm

Konturning qismlariga 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 xadma-xad ko'chirib quyidagi ifodadan olamiz:

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 \quad (21)$$

yoki umumiy tarzda

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (22)$$

Bundan Kirxgofning ikkinchi qoidasiga shunday ta'rif berish mumkin; Tarmoqlangan elektr zanjiridagi har qanday berk konturda tok kuchlarining konturning tegishli qismlari qarshiliklariga ko'paytmasining yig'indisi shu konturdagi barcha EYUKlarning algebraik yig'indisiga tengdir".

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'nalishini teskari tanlangan bo'ladi; b) konturni aylanib o'tish yo'nalishi to'g'ri tanlanishi kerak; v) tuzilgan tenglamalar soni noma'lum kattaliklar soniga teng bo'lishi lozim.

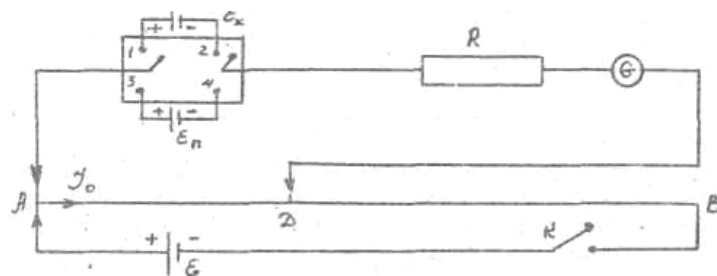
Bu ishni bajarishdan maqsad kompensatsiya usuli yordamida tok manbalarining elektr yurituvchi kuchini aniqlashdir. Odatda, kuchlanish yoki potentsiallar ayirmasi voltmetr yordamida o'lchanadi. Tok manbaining EYuK ni ham voltmetr yordamida tez va oson o'lchash mumkindek tuyuladi. Bu holda voltmetr bilan zanjirning faqat tashqi qismidagi kuchlanish o'lchanadi. Demak, o'lchangan kuchlanish qiymati manba EYuKidan I_r qadar kichik bo'ladi, ya'ni

$$U = \varepsilon - Ir$$

Voltmetrning qarshiligi K . tok manbaining ichki qarshiligi r dan juda katta ($R \gg r$) bo'lishligi sababli I_r kattaligini hisobga olmaslik mumkin. Bu holda voltmetrning ko'rsatkichini taxminan manbaining EYuKga teng ($I = \varepsilon$) deyish mumkin. Demak, manbaining EYuKning voltmetr yordamida ma'lum darajada xatolik bilan ya'ni taqriban o'lchash mumkin ekan.

Shu sababli, tok manbalarining EYuKini juda aniqlik bilan o'lchash uchun kompensatsiya usulidan foydalaniladi. Bu usulga ko'ra EYuK ma'lum bo'lgan normal element (ε_n) va o'lchanishi lozim bo'lgan noma'lum element (ε_x) lar EYuK kattaroq, asosiy tok manbaiga navbatma-navbat ulanadi. Bunda qiymati ma'lum bo'lgan normal elementning EYuK asosiy tok manbaining qancha qismini tashkil qilishi aniqlanadi. So'ngra EYuK noma'lum element asosiy tok manbai bilan taqqoslanadi va u asosiy manba EYuKning qancha qismini tashkil qilish aniqlanadi. Normal ya'ni, EYuK ma'lum bo'lgan element bilan o'lchanishi lozim bo'lgan noma'lum EYuKni elementlar o'zaro taqqoslanadi. o'zaro taqqoslanishi natijasiga ko'ra noma'lum elementning EYuK i aniqlanadi.

Bu usul kompensatsiya usuli deb aytiladi. Unda foydalanishni quyidagi sxema yordamida o'rganiladi(8-rasm).



8-rasm

Bu yerda ε_x EYuK noma'lum bo'lgan element, ε_n normal, ya'ni qiymat aniq etalon element ε asosiy tok manbai, G - galvanometr, K - kalit, P -qayta ulagich (pereklyuchatel'), AB - reoxord .

Bu usulning asosiy xususiyati shundan iboratki, umumiy tok manbai EYuK aniqlanishi lozim bo'lgan elementlarning bir xil ishorali qutblari o'zaro ulanadi. Qayta ulagich 1-2 holatda turgan bo'lsa, elektr zanjiriga EYuK aniqlanishi lozim bo'lgan (noma'lum) element ulangan bo'ladi. AB reoxord bo'ylab D kontakt siljutilib, galvanometrda o'tayotgan tok kuchining qiymati nolga teng bo'lishiga erishiladi. ($I_G=0$)

Galvanometrda o'tayotgan tok kuchining qiymati nolga teng bo'lganda reoxordning AD qismidagi kuchlanish U_{AB} noma'lum elementning EYuK iga teng bo'ladi, ya'ni

$$\varepsilon_x = U_{AB}$$

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

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

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. Galvanometrda o'tayotgan tok nolga teng bo'lgan ($I_G=0$) holda

$$I_1 = I_x$$

Bundan

$$\varepsilon_x = I_1 R_{AD}$$

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

Shundan so'ng zanjirga EYuK 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 siljilib, galvanometrda o'tayotgan tok kuchi qiymati nolga teng ($I_G=0$) bo'lgan holat yoki shunga mos bo'lgan C nuqta topiladi. Umumiy hol uchun, (ya'ni $I_G=0$ bo'lmagan vaqtda) $A\varepsilon_n GC$ berk kontur uchun Kirxgofning ikkinchi qoidasini

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

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

$$\varepsilon_n = I_1 R_{AC}$$

ko'rinishga keladi. Shu shartga mos keluvchi AC yelkaning uzunligi l_n qayd qilinadi.

$$\varepsilon_x = \varepsilon_n \frac{R_{AD}}{R_{AC}}$$

Reoxord simi bir jinsli, hamda ko'ndalang kesimi o'zgarmas bo'lsa, K qarshilik qiymati sim uzunligiga to'g'ri proporsional deb hisoblash mumkin. Bu holda qarshilikni reoxord simi uzunligi bilan almashtiramiz va ifoda ko'rinishga keladi.

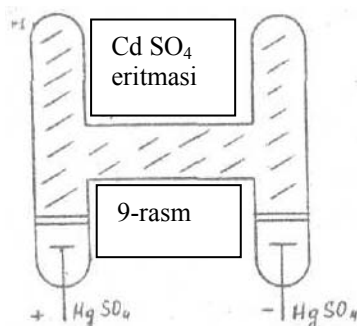
$$\varepsilon_x = \varepsilon_n \frac{\ell_x}{\ell_n}$$

Bu formula yordamida noma'lum elementning elektr yurituvchi kuchi hisoblab topiladi. Xuddi shu usul bilan ikkinchi noma'lum elementning EYuK ham

aniqlanadi.

Elektr yurituvchi kuchiga ega bo'lgan manba etaloni sifatida kumush-qadimiyl Veston elementi nomli normal element qo'llaniladi. Veston elementi N- shaklidagi shisha idishdan iborat (9-rasm) bo'lib, uning pastki qismiga metall plastinka-elektrod o'rnatilgan. Normal elementning musbat qutbi simob bo'lib, manfiy qutbi qadimiy amalgamasidai iborat; Elektrolit vazifasini CdSO_4 ning to'yingan eritmasi, qutbsizlagich (depolyarizator) vazifasini HgSO_4 eritmasi bajaradi.

Normal elementi mixim xususiyati shundan iboratki, uning elektr yurituvchi kuchi tashqi muhit harakatining o'zgarishiga deyarli bog'lik emas. 20° s manbaning EYuK $\varepsilon_0=1,018$ V ga tengdir. Veston elementidan 0,1 Ma gacha tok olish mumkin. Shuning uchun bu element kuchlanish etaloni sifatida ishlatiladi.



Ishni bajarish tartibi.

1. Sxemasi 8-rasmida ko'rsatilgan elektr zanjiri yig'iladi.
2. Ishni bajarishda olingan natijalarni qayd qilish uchun 1 va 2 jadvallar chiziladi.

$\varepsilon_0=1,018\text{V}$	ℓ_n	ℓ_n^1	ℓ_x^n	ℓ_{k-k}	ℓ_{par}
1					
2					
3					

	ε_1	ε_2	ε_{k-k}	ε_{par}
1				
2				
3				

3. P - qayta ulagich richagini 1-2 klemmalarga surib zanjirga EYUK noma'lum bo'lgan element ulanadi.

4. Kalitni ulab qo'zg'aluvchi D kontakti reoxord bo'ylab surib shunday nuqta topiladiki, G galvanometrda tok o'tmasin, ya'ni galvanometr strelkasi nolni ko'rsatsin. Bu hol uchun reoxordagi (AD) yelka ℓ_x uzunligi 1- jadvalga yozib olinadi.

5. Qayta ulagich richagini 3 -4 klemmalarga olib , zanjirga EYuK ma'lum bo'lgan normal element ulanadi. Yana D kontakti surib galvanometrda tok kuchini qiymatini nolga teng bo'lishiga erishiladi. Bu hol uchun yana ℓ_n yelka qiymati 1-jadvalga yoziladi

6. 3 va 4 punktlarda ko'rsatilgan tajribalar uch-to'rt marta takrorlanib ulardan olingan yelka qiymatlarining o'rtachasi, ya'ni ℓ_x va ℓ_n hisoblanadi. ℓ_x va ℓ_n

kattaliklar orqali formuladan izlanayotgan manbaning EYuK aniqlanadi va olingan natija 2-jadvalga yoziladi.

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

8. ε'_x va ε''_x elementlarni avval ketma-ket, so'ngra parallel ulanib, hosil bo'lgan batareyalarning EYuK ham aniqlanadi.

Savollar.

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 potensiallar ayirmasi uning EYuK iga teng bo'lishini ko'rsating.
5. Nima sababdan voltmeter yordamida elementning EYuKini aniq o'lchash mumkin emas?
6. Kompensatsiya usulining mohiyati nimadan iborat?
7. Kirxgof qoidalaridan foydalanib (28) formulani isbotlang.
8. Veston normal elementining tuzilishini tushuntiring.

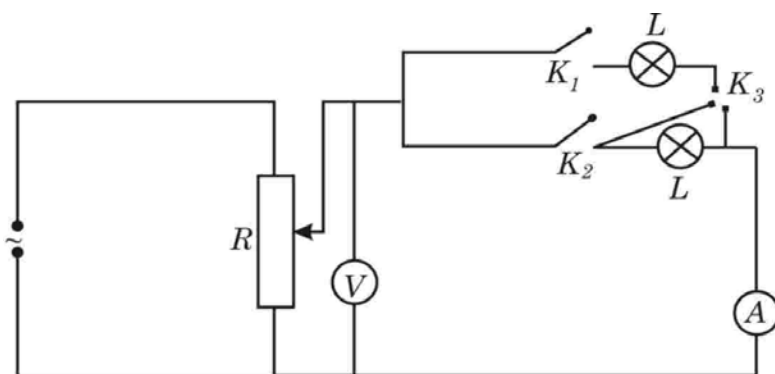
5 – ish.

Cho'g'lanma lampochkalarining qarshiligi va quvvatini aniqlash.

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

Nazariy qism.

Ushbu laboratoriya ishida cho'g'lanma lampochkalarining qarshiligi quvvati va lampochka ichidagi sim tolasining tok o'tayotgan paytdagi harorati aniqlanadi. 1 – rasmda tajribaning elektr sxemasi tasvirlangan. Bu yerda R potensiometr bo'lib, uning yordamida voltmetr (V) dagi kuchlanish va ampermetr (A) orqali o'tayotgan tok kuchi qiymati o'zgartirilib turiladi. L_1 va L_2 cho'g'lanma lampochkalar. K_1 , K_2 va K_3 kalitlar. Kalitlar yordamida lampochkalarni elektr zanjiriga alohida – alohida, ketma – ket va parallel ulash mumkin.



1 – rasm.

Ishni bajarishda har bir lampochka hamda lampochkalarining ikkitasini ketma – ket va parallel ulashdagi voltmetr (V) va ampermetr (A) ko'rsatishlari yozib boriladi.

Lampochkaning chog'lanish haroratini aniqlash uchun qarshilikning absolyut haroratga bog'liqlik formulasidan foydalanamiz:

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

(1) formulani haroratning ikki xil qiymati uchun yozib, $R_{t_1} = R_0 \alpha T_{t_1}$ va $R_x = R_0 \alpha T_x$ (2) formulalarni olamiz. Ularning o'zaro nisbatini olsak, lampochkalarining cho'g'lanish haroratini aniqlaydigan formulaga ega bo'lamiz:

$$T_1 = R_t \frac{T_x}{R_x} \quad (3)$$

Bu yerda T_x – xona harorati, T_1 – lampochkaning cho'g'lanish harorati, α – qarshilikning harorat koeffitsienti.

R_x va R_t , T_x va T_1 haroratlarga mos keluvchi lampochka tolasining qarshiliklari, R_0 – lampochka tolasining $t=0^\circ\text{C}$ haroratdagi qarshiligi.

Ishni bajarish tartibi.

1. 1-rasmda tasvirlangan elektr zanjiri yig'iladi. O'lchash va hisoblash

natijalarini yozish uchun quyidagi jadval chiziladi:

	N_0	U	I	R	N	T		U	I	R	N	T
L_1	1						L_1, L_2 $k-k$					
	2											
	3											
L_2	1						L_1, L_2 par					
	2											
	3											

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

3. 3 – ishning (9) formulasi yordamida tok kuchi va kuchlanishning har bir qiymati uchun R_t hisoblanadi.

4. 3 – ishning (14) formulasi bo'yicha lampochkaning qiymati aniqlanadi.

5. Ommetr yordamida sovuq holdagi xona harorati lampochkaning qarshiligi va termometr yordamida uning absolyut shkala bo'yicha haroratining qiymati aniqlanadi. $T_x = 273 + t$.

6. (4) formuladan R_t ning har bir qiymati uchun cho'g'langan lampochkaning harorati aniqlanadi.

7. Elektr zanjirlariga L_2 lampochka K_2 kalit yordamida 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 ochiq, K_3 2 – holatga o'tkaziladi. L_1 va L_2 lampochkalar K_1 va K_2 kalitlar yordamida zanjirga parallel ulanadi (K_3 1 – holatga o'tkaziladi). 2 – 6 bandlar takrorlanadi va umumiy qarshiliklar topiladi.

Savollar.

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'liqlik formulasini tushuntiring?

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 qonuni tok kuchining ishi va quvvati formulalarini yozing.

6 – ish.

O'tkazgichning qarshiligini o'zgarmas tok ko'prigi yordamida aniqlash.

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

Nazariy qism.

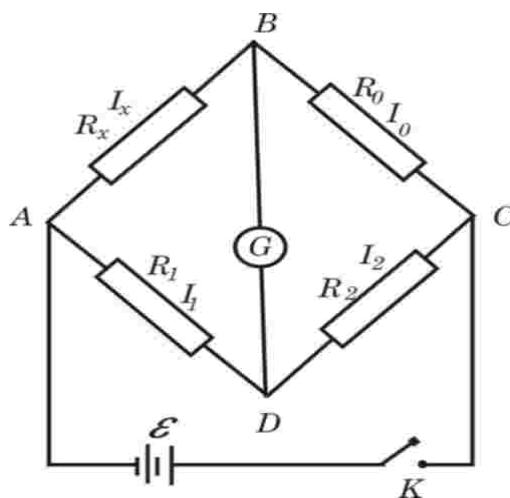
O'tkazgichlar qarshiligini o'lchashning turli usullari mavjuddir. Bu usullardan eng qulayi ampermetrdan o'lchangan tok kuchi va voltmetrdan aniqlangan kuchlanish qiymatlarini bilgan holda, zanjirning bir qismi uchun Om qonunidan foydalanib, o'tkazgich qarshiligini aniqlashdir. Lekin bu usul yordamida qarshilikni aniqlashda ko'proq xatolikka yo'l qo'yiladi. Chunki o'lchov asboblari – ampermetr va voltmترلarning ichki qarshiliklarini mavjudligi I tok kuchi 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. Bunda tok kuchi va kuchlanishni bevosita aniqlash shart emas. Bu usul o'zgarmas tok ko'prigi Uitston ko'prigi usulidir.

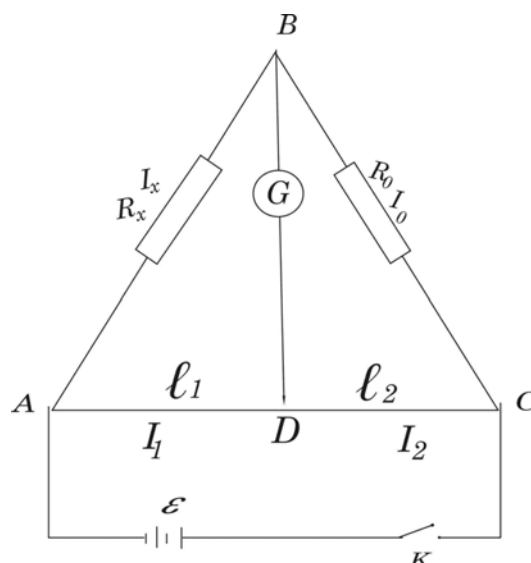
Uitston ko'prigi sxemasi R_0, R_1, R_2, R_x qarshiliklarning $ABCD$ to'rtburchak shaklida ulanishidan hosil bo'ladi (1-rasm). Bu yerda R_0 - qarshiliklar magazini. Bu sxemaning bir diogonaliga tok manbai ikkinchi diogonaliga esa sezgir galvanometr ulanadi. Galvanometr ulangan xuddi shu diogonal ko'prik vazifasini bajaradi. Bu sxema yordamida barcha o'lchashlar galvanometrda tok kuchi qiymatining nolga teng bo'lishiga asoslangan.

1 – rasmda tasvirlangan elektr zanjiridagi qarshiliklarning ixtiyoriy qiymatlarida galvanometr orqali tok o'tib turadi.

Ammo, sxemadagi qarshiliklarning shunday qiymatlarini tanlash mumkinki, bunda galvanometrdan to'k o'tmasligini vujudga keltirish, ya'ni galvanometrda tok kuchi qiymatining nolga teng bo'lishiga erishish mumkin.



1 - rasm.



2 – rasm.

Tajribada Uitston ko'prigidagi R_1 va R_2 qarshiliklar uzunligi 1 m bo'lgan reoxord (sim tortilgan mashtabli chizg'ich) bilan almashtiriladi (2-rasm). Reoxord solishtirma qarshiligi juda katta bo'lgan bir jinsli ingichka sim bo'lib, bu sim orqali D 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, 2 – rasm berk zanjirning barcha qismlaridan elektr toki o'ta boshlaydi. Yuqorida eslatib o'tilganidek qarshiliklarni shunday tanlash mumkinki, galvanometrdan tok o'tmay qolsin. Ko'prikning shu holatini muvozanat holati deyiladi. Bu holatning amalga oshishi uchun qarshiliklar ma'lum tengliklarni qanoatlantiradigan tarzda tanlanib olinishi kerak. Masalan, galvanometrdagi tok nolga teng ($I_g = 0$) bo'lgan paytda tabiiyki, B va D nuqtalarning potentsiallari bir – biriga teng, ya'ni $\varphi_B = \varphi_D$ bo'ladi.

1 – rasmda ko'psatilgan sxema uchun Kirxgof qoidalarini qo'llaymiz. B nuqta uchun Kirxgofning birinchi qoidasi

$$I_x - I_0 - I_g = 0 \quad (1)$$

D nuqta uchun esa

$$I_g + I_1 - I_2 = 0 \quad (2)$$

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

$$I_x R_x + I_g R_g + I_1 R_1 = 0 \quad (3)$$

D nuqta uchun esa

$$I_0 R_0 - I_2 R_2 - I_g R_g = 0 \quad (4)$$

Ko'prik muvozanat holatda bo'lishi uchun $I_g = 0$ shart bajarilishi lozim. Shuning uchun (1) va (2) tengliklarni tok kuchi uchun

$$I_0 = I_x \quad (5)$$

va

$$I_2 = I_1 \quad (5')$$

ifodalarga kelimiz. (3), (4) tengliklardan esa

$$I_x R_x = I_1 R_1; \quad I_0 R_0 = I_2 R_2 \quad (6)$$

ifodalar kelib chiqadi. Tok kuchlarining o'zaro munosabatlarini belgilovchi (5) va (5') tengliklar asosida (6) ifodalarni

$$I_x R_x = I_1 R_1; \quad I_x R_0 = I_1 R_2 \quad (7)$$

ko'rinishga keltiramiz. Bu tengliklarni hadlab birini ikkinchisiga bo'lamiz:

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2} \quad (8)$$

Bundan noma'lum qarshilikni aniqlovchi formulaga ega bo'lamiz.

$$R_x = R_0 \frac{R_1}{R_2} \quad (9)$$

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

$$R_x = R_0 \frac{\ell_1}{\ell_2} \quad (10)$$

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 qarshilikli o'tkazgich zanjirga ulanadi.

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

3. So'ngra reoxordning $\ell_1 = 30; 40; 60; 70 \text{ sm}$ qiymatlari uchun ham R_0 qarshilik tanlab olinadi va har bir uzunlik uchun galvanometrdan o'tayotgan tok nolga keltiriladi. O'lchab olingan kattaliklar asosida (10) formuladan foydalanib noma'lum qarshilik R'_x hisoblab topiladi va uning o'rtacha qiymati aniqlanadi. ℓ_1, ℓ_2, R_0 larning qiymatlari jadvalga yoziladi.

Jadval.

	№	R_0	ℓ_1	ℓ_2	R_x	$\bar{R}_x$	$\frac{\Delta \bar{R}_x}{\bar{R}_x}$
R'_x	1						
	2						
	3						
R''_x	1						

	2						
	3						
$R'_X \ R''_X$ <i>paral</i>	1						
	2						
	3						
$R'_X \ R''_X$ <i>k-k</i>	1						
	2						
	3						

4. Zanjirga qarshiligi R''_X bo'lgan o'tkazgich ulanadi, 2-3 bandlar takrorlanib, (10) formula yordamida ikkinchi o'tkazgichning qarshiligi va uning o'rtacha qiymati aniqlanadi.

5. R'_X va R''_X qarshiliklar elektr zanjiriga avval ketma – ket, so'ngra parallel ulanadi. Har ikki hol uchun 2, 3 bandlar takrorlanib, (10) formula yordamida umumiy qarshiliklar R_{k-k} va R_p hisoblab topiladi. O'tkazgichlar ketma – ket ulangandagi umumiy qarshilik R_{k-k} ning hamda parallel ulangandagi umumiy qarshilik R_p o'rtacha qiymatlari aniqlanadi.

6. O'tkazgichlari ketma – ket va parallel ulab topilgan tajriba natijalarini nazariy yo'l bilan chiqarilgan formulalar:

ketma-ket ulash uchun: $R_{k-k} = R'_X + R''_X$

parallel ulash uchun: $R_p = \frac{R'_X \cdot R''_X}{R'_X + R''_X}$

orqali hisoblab topilgan natijalar bilan taqqoslanadi.

7. Olingan natijalar bo'yicha R'_X va R''_X qarshiliklar uchun absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi. Olingan barcha natijalar yuqoridagi jadvalga yoziladi.

Savollar.

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

7 – ish

Elektron lampaning ishlashini o'rganish va katodning haroratini aniqlash.

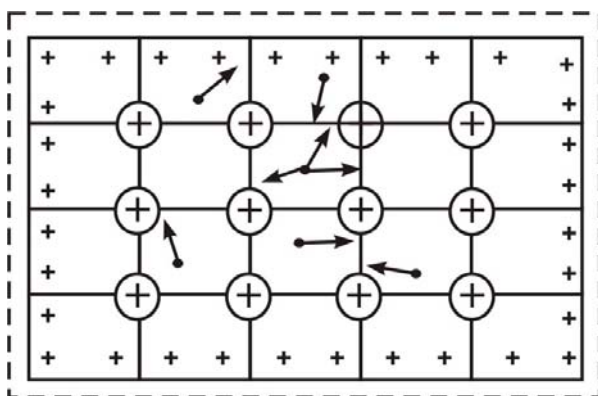
Kerakli asbob va buyumlar: ikki elektrodli elektron lampa, 102 V va 6 V li o'zgarmas tok manbalari, ikkita potensiometr, ikkita voltmetr, ampermetr, milliampermetr.

Nazariy qism.

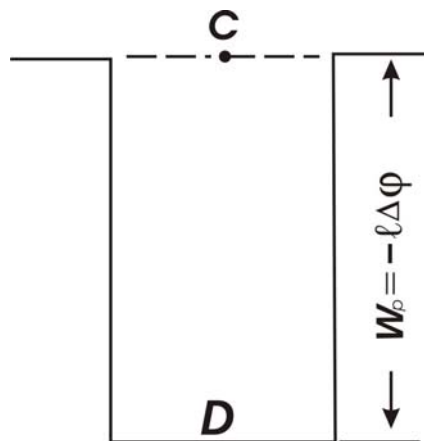
Metallar kristall panjara tuzilishiga ega bo'lib, panjara tugunlarida metall atomlari (musbat ionlar) joylashgan bo'ladi. Normal haroratda metall atomlarining valentlik elektronlari o'z atomlarini tark etib, erkin elektronlarga aylanadi. Erkin elektronlar klassik elektron nazariya nuqtai nazaridan “elektron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

Elektronning issiqlik harakat tezligi bir xil bo'lmay, turli qiymatga ega bo'lishi tabiiy. Agar elektronlar biror sabab ta'sirida metall sirtidan nisbatan kichikroq 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 kattaroq 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 kelarkan (1-rasm).



1-rasm.



2-rasm.

Bu qo'sh qatlamni turli ishora bilan zaryadlangan yassi kondensator qoplamalariga 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 metaldan elektronlarning o'z – o'zidan keyingi uchib chiqishida qarshi ta'sir ko'rsatadi, ya'ni to'siq vazifasini bajaradi. To'siqdan o'ta olmagan elektronlarni ba'zan potensial chuqurlikka tushib qolgan elektronga qiyos qilidani. Haqiqatdan 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 sababli to'siqni potensial to'siq (baryer), uning chuqurligini esa potensial chuqurlik (o'ra) deb ham yuritiladi.

Elektron potensial chuqurlikni yengib metall tashqarisiga chiqish uchun ma'lum miqdorda ish bajarishi kerak. Bu ishga elektronning metaldan chiqish ishi deyiladi. Chiqish ishiga quyidagicha ta'rif berish mumkin.

Elektronning chiqish ishi deb, qo'shqatlam orasida potensiallar ayirmasining elektron zaryadiga ko'paytmasiga aytiladi, ya'ni $A_{ch} = \Delta\phi\ell$.

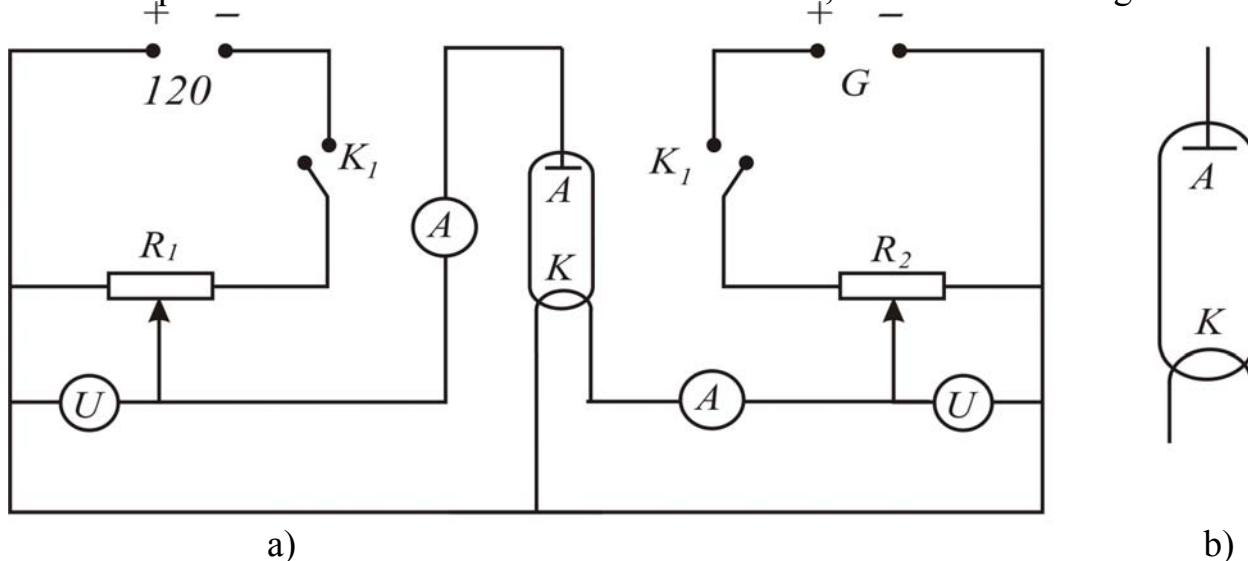
Chiqish ishi metalning tabiatiga, kimyoviy tarkibiga va metall sirtining tozaligiga bog'liqdir. Toza metallar uchun potensial chuqurlikning eng yuqori sathiga (C nuqtasida) elektronlarning potensial energiyasi nolga teng ($W_p = 0$) deyilsa, chuqurlik tubidagi D nuqtada turgan valentlik elektronlarning potensial energiyasi manfiy qiymatga ega bo'ladi (2-rasm).

$$W_p = -\ell\Delta\phi$$

Xuddi shu energiya elektronning aytib o'tilgan chiqish ishiga teng bo'ladi $W_p = -\ell\Delta\phi = A_{ch}$. 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.

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 hodisasi 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 prinsipi, shuningdek, uning volt-ampere xarakteristikasi o'rganiladi.

Lampani va o'lchash asboblari ulash sxemasi 3, a-rasmda ko'rsatilgan.



3-rasm

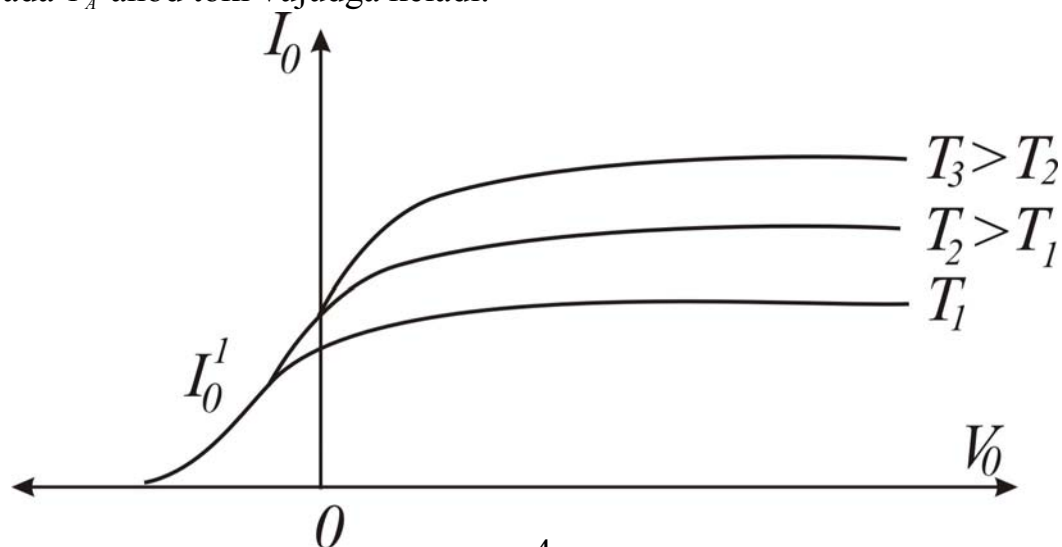
Sxemaning asosiy elementi ikki elektrodli lampa (diod)dir. Diod (3, b-rasm) ichida havosi so'rib olingan va ikki elektrod (K – katod va A – anod) kavsharlangan shisha yoki metalsapol ballondan iborat. Anod tok manbaining musbat qutbiga, katod esa manfiy qutbga ulanadi. Ko'pincha katod ingichka to'g'ri sim shaklida bo'lib, yuqori haroratlarga chidamli metallardan tayyorlanadi. Anod esa katodga nisbatan koaksial silindr shaklida bo'ladi. Katod odatda EyuK 6 voltli o'zgarmas tok manbai yordamida qizdiriladi. Reostat R vositasida (3, a-rasm) katoddan o'tayotgan tok kuchi I_k ni o'ttirib katodning cho'g'lanish haroratini o'zgartirish mumkin.

120 voltli o'zgarmas tok manбайдan diod elektrodleri orasiga U_a kuchlanish beriladi. Bu kuchlanish anod kuchlanishi deyiladi. U_a anod kuchlanishi qiymatini R reostat yordamida o'zgartirish va uni V voltmetr orqali o'lchash mumkin.

Milliampermetr mA anod tokini o'lchash uchun qo'llaniladi.

Anod tokining anod kuchlanishiga bog'liqlik grafigi $I_A = f(U_A)$ ga diodning volt-amper xarakteristikasi deyiladi.

4-rasmda katod haroratining turli qiymatlari: T_1, T_2, T_3 lar uchun diodning volt-amper xarakteristikasi ko'rsatilgan. Katodning harorati ortgani sari undan $\Delta\phi$ potensial to'siqni yengib 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 I'_A anod toki vujudga keladi.



4-rasm.

Lampaning volt-amper xarakteristikasidan ko'rinadiki, anod kuchlanishi (U_A) ortib borishi bilan anod toki ham ortib borar ekan. Haqiqatdan ham, bunda anodga yetib kelayotgan elektronlar soni ortadi.

Anod tokining anod kuchlanishiga bogliqligi o'tkazgichlar uchun o'rinli bo'lgan Om qonuniga mos kelmaydi. $I_A = f(U_A)$ bog'liqlikni xarakterlaydigan egri chiziq – grafikning analitik formulasi Boguslavskiy va Lengmyur nazariy yo'l

bilan aniqlaganlar. Bu formula quyidagi ko'rinishga ega: $I_A = BU_A^{\frac{3}{2}}$.

Bu ifodaga Boguslavskiy va Lengmyur qonuni yoki uch taqsim ikki qonuni deyiladi. Bu ifodada B – elektrodning kattaligi va o'zaro joylashishi bilan bog'liq bo'lgan o'zgarmas son.

Anod kuchlanishini yanada orttirsak, uning biror qiymatidan boshlab anod tokining o'sishi to'xtaydi. Qiymati o'sishdan to'xtagan bu tokni to'yinish toki deyiladi. To'yinish tokining yuzaga kelishiga sababchi bo'lgan 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 bogliqlik ham buziladi, chunki grafik o'z ko'rinishini o'zgartiradi. Bu bilan Boguslavskiy va Lengmyur qonuni ham o'z ahamiyatini yo'qotadi.

Anod tokini yanada oshirish uchun endi katoddan kattaroq haroratgacha qizdirish kerak bo'ladi (4-rasmga qarang).

Metal qarshiligining haroratga bog'liqligi formulasidan foydalanib katodning haroratini aniqlash mumkin:

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

bu yerda R_0 katod sig'iminin $t = 0^\circ C$ dagi qarshiligi, α - qarshilikning harorat koeffisienti, T – haroratning Kelvin shkalasidagi qiymati.

Zanjirdagi voltmetr va ampermetr yordamida katod kuchlanishi U_k hamda katod toki I_k o'lchanadi. O'lchashdan 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 haroratdagi 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 $R_x = 0,5 \text{ Om}$, $t_x = 20^\circ C$).

(1), (2) va (3) tenglamalarni birgalikda yechib, quyidagi ifodani hosil qilish mumkin:

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

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

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

ko'rinishida yozish mumkin.

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

Ishni bajarish tartibi

1. 3a – rasmda tasvirlangan elektr sxema yig'iladi quyidagi jadval to'ldiriladi.

$\begin{matrix} U_K \\ U_A \end{matrix}$	10	20	30	40	50	60	70	I_A	I_K	T_K
1.9										
2.1										
2.2										
2.4										
2.6										

2. Katodga $U_k = 1.9V$ kuchlanish beriladi va katod tokining qiymati yozib olinadi.

3. Katod qiziguncha 2-3 minut kutiladi.

4. R_1 reostat 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, 20, 30, 40V ... 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 tog'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.

Savollar.

1. Termoelektron emissiya hodisasini metallarning kristal panjaraviy tuzilishi asosida tushuntiring.
2. Potensial chuqurlikning fizik ma'nosini tushuntiring.
3. Elektronlarning metallardan chiqish ishi deb qanday kattalikka aytiladi?
4. Ikki elektrodlik elektron lampa – diodning tuzilishini va ishlash prinsipini 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 va Lengmyur qonunini tushuntiring.
8. Laboratoriya ishi qanday sxema asosida bajariladi? Sxemaning ishlash prinsipini tushuntiring.

8 – ish

G'altakning induktivligini, to'la kuchlanish va tok orasidagi faza siljishini hamda muhitning magnit singdiruvchanligini aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: g'altak (solenoid), temir o'zak, reostat, o'zgarmas tokni o'lchaydigan ampermetr va voltmeter, o'zgaruvchan tokni o'lchaydigan ampermetr va voltmeter, o'zgarmas 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. 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 $\frac{d\Phi}{dt}$ ga proporsional ekan, ya'ni

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

Bu yerdagi manfiy ishora induksion tokning magnit maydoni oqimi shu tok hosil qilgan magnit maydon induksiyasi oqimining o'zgarishiga qarama – qarshi yo'nalgan ekanligini ko'rsatadi (Lens qoidasi).

Elektromagnit induksiyasining xususiy hollaridan biri o'zinduksiya hodisasidir. Agar g'altakdan o'tayotgan tok kuchi o'zgarayotgan bo'lsa, u hosil qilayotgan magnit maydon induksiyasining shu g'altak o'ramlari bilan chegaralangan sirtni kesib o'tuvchi oqimi o'zgaradi. Bu esa, o'z navbatida, g'altakda EYuKni induksiyalaydi. G'altakdan o'tayotgan tokning o'zgarishi tufayli shu g'altakda induksion tokning uyg'otilishi (vujudga kelishi)ga o'zinduksiya hodisasi deyiladi. 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 induksiyasi oqimi tok kuchiga proporsional bo'ladi, ya'ni

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

Agar, L koeffisient o'zgarmas bo'lsa, maydon oqimi o'zgarishi faqat tok kuchi o'zgarishiga bog'liq bo'ladi:

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

$$(3) \text{ ifodani e'tiborga olib } (1) \text{ ni } \varepsilon_{o'z} = -L \frac{dI}{dt} \quad (4) \text{ ko'rinishida yozish}$$

mumkin. Bu yerda $\xi_{o'z}$ - o'zinduksiya EYuK, L – g'altakning induktivligi yoki o'zinduksiya koeffisienti deb ataladi. Induktivlik o'tkazgichning o'lchamiga,

shakliga va muhitning magnit singdiruvchanligi μ ga bog'liq kattalikdir. Muhitning magnit singdiruvchanligi deb ichida hosil bo'lgan umumiy maydon induksiyasi (B) ning muhit o'rnida boshliq bo'lgandagi maydon induksiyasi (B_0) ga nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi, ya'ni $\mu = \frac{B}{B_0}$.

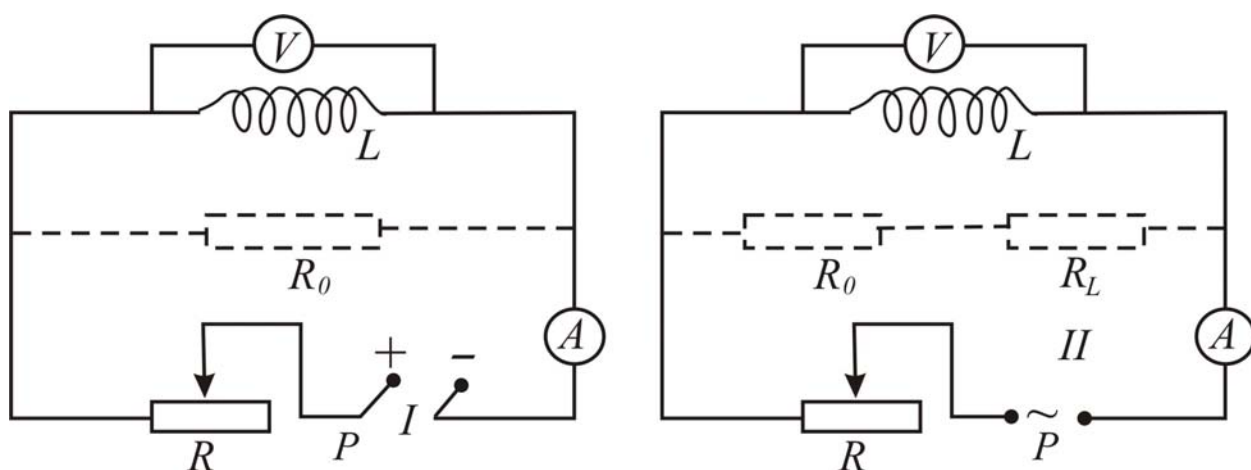
(3) va (1) formulalardan g'altakning induktivligini quyidagicha ifodalash mumkin:

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

Agar, (5) da $\varepsilon_i = 1V$; $\frac{dI}{dt} = 1 \frac{A}{s}$ bo'lsa, g'altakning induktivligi 1 genri (Gn) bo'ladi. Demak, g'altak induktivligining birligiga shunday ta'rif berish mumkin: agar g'altakda oqib o'tayotgan tok kuchi 1 s da 1 A ga o'zgarganida 1 V o'zinduksiya 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'altakdan 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 – g'altak simlarining aktiv (omik) qarshiligi, R_i – g'altakning o'zgaruvchan tokka nisbatan induktiv (reaktiv) qarshiligi, R – reostat, V – voltmetr, A – ampermetr, P – pereklyuchatel (ikki qutbli kalit), “-” o'zgarvas tok manbai, “~” o'zgaruvchan tok manbai.



1-rasm.

Induktiv g'altak (L) o'zgarvas tok manbaiga ulansa, (P -I holatga qo'yiladi, 1, a-rasm), u faqat R_0 aktiv qarshilikka ega bo'ladi. Bu qarshilik elektr zanjiridagi V

voltmetr va A ampermetr yordamida $R_0 = \frac{V}{I}$ ifodaga asosan aniqlanadi. Shundan so'ng g'altak o'zgaruvchan tok manbaiga ulanadi ($P-II$ holatga qo'yiladi, 1, b-rasm). Bu holda g'altak aktiv qarshilikka ega bo'lishi bilan birga R_i induktiv qarshilikka ham ega bo'ladi. R_0 ni aktiv qarshilik deyilishiga sabab shundaki, undan tok o'tganida Joule – Lens isiqqligi ajralib chiqadi. R_i reaktiv qarshilikda esa bunday issiqlik ajralib chiqmaydi.

O'zgaruvchan tok sinuslar qoidasiga bo'ysunadi, ya'ni

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

bu yerda I o'zgaruvchan tokning ixtiyoriy t vaqtdagi qiymati. I_0 – tokning maksimal qiymati, ω - parametri $\omega = 2\pi\nu$ ga teng bo'lib, o'zgaruvchan tokning siklik (doiraviy) chastotasi deyiladi. ν - esa chiziqli chastota ($\nu = 50\text{Gs}$) o'zgaruvchan tokning garmonik tarzda vujudga kelishi shu tok manbai bo'lgan EYuK ning ham garmonik tarzda o'zgarishini bildiradi:

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

Ko'rib o'tganimizdek, g'altakdan o'tayotgan tok o'zgarganda unda o'zinduksiya EYuK hosil bo'lganidek, o'zgaruvchan tok o'tayotganda ham shu g'altakda o'zinduksiya EYuK hosil bo'ladi. 1-rasmdagi sxemaga berk zanjir uchun Om qonunini tadbiiq etsak,

$$IR = \varepsilon + \varepsilon_{o'z} \quad (8)$$

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

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

bu yerda $L \frac{dI}{dt}$ induktiv qarshilikka mos keluvchi kuchlanishlar tushishidir. (6) ifodani vaqt bo'yicha differensiallab 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 $\cos \omega t = \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$ ekanligini e'tiborga olsak, (10) ifoda

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

ko'rinishiga keladi. (11) formuladagi

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

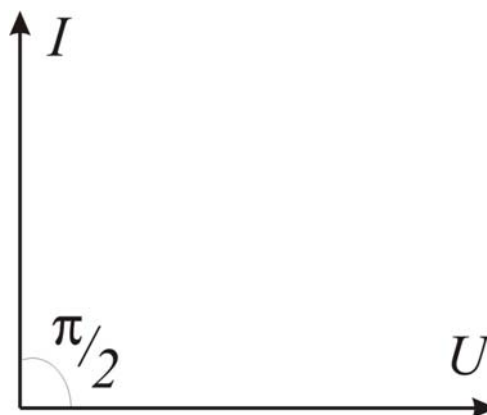
kattalik g'altakning aktiv qarshiligiga mos kelgan kuchlanish tushishidir.

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

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

Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni e'tiborga olinsa, $L\omega$ ko'paytma haqiqatdan ham qarshilik ma'nosiga ega ekanligi ayon bo'ladi. Bu ifoda $R_L = L\omega$

(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, $R_i = 0$ bo'ladi. Bu holda g'altakda faqat aktiv qarshilik ishtirok etadi.



2-rasm.

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 tebranish 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 kattaliklarini topish qiyinchilik tug'diradi. Bunday hollarda kuchlanishlarni vektor diagramma ko'rinishida qoshish qulaydir. Buning uchun faol qarshilikdagi kuchlanish qiymatini vertikal o'qqa, induktiv qarshilikdagi kuchlanish qiymatini garizontal o'qqa joylashtiramiz (3-rasm). To'la kuchlanish esa ikki vektorga qurilgan parallelogramning diagonaliga yoki ikki vektorning geometrik yig'indisiga teng bo'ladi.

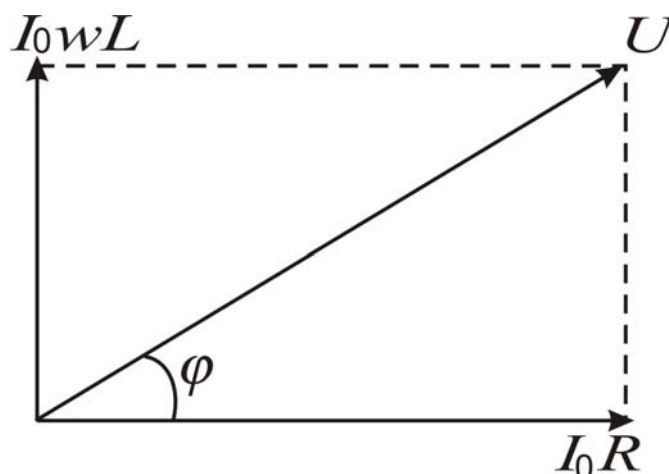
Pifagor teoremasiga asosan to'la kuchlanish ifodasini

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

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.



3-rasm.

Lekin o'zgaruvchan tokka mo'ljallangan elektr o'lchov asboblari tok va kuchlanishning maksimal qiymatini ko'rsatmay, balki effektiv (ish berish) qiymatlarini 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

$$I_{eff} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}; \quad U_{eff} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad (17)$$

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

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

bu yerdagi

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

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

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

2 va 3 – rasmlarni tahlil qilish natijasida I_0 tok bilan U_0 – to'la kuchlanish orasidagi burchak tok kuchi bilan kuchlanish orasidagi faza siljishi deb ataladi va unung qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

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

Ishni bajarish tartibi

1. 1 – rasmda tasvirlangan elektr zanjiri yig'iladi. Olingan natijalarni yozish uchun quyidagi jadval chiziladi.

O'zaksiz				O'zakli				μ	$\operatorname{tg} \varphi$	φ	$R_0 = \text{const}$
I_{eff}	U_{eff}	Z	L	I_{eff}	U_{eff}	Z	L				

2. Sxema o'zgarmas tok manbaiga (1-holat) ulanadi. Ampermetr va voltmeter yordamida tok kuchi va kuchlanish o'lchab olinadi. $R = \frac{U}{I}$ formula yordamida

g'altakning faol qarshiligi aniqlanadi.

3. Sxema o'zgaruvchan tok manbaiga (2-holat) ulanadi. Bunda tok va kuchlanishning effektiv qiymatlari o'lchanadi va $Z = \frac{U_{eff}}{I_{eff}}$ formula yordamida hisoblanadi. Songra bu formuladan foydalanib kuchlanish va tok kuchining 5 xil qiymatlari Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 lar hisoblab topiladi.

4. (20) formulaga Z va R larning o'rtacha qiymatlarini qo'yib induktivlik (L o'zaksiz) genri (Gn)larda 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 $\mu = \frac{L_{o'zakli}}{L_{o'zaksiz}}$ formula yordamida μ topiladi.

Savollar.

1. Elektromagnit indusiya va o'zinduksiya hodisasini tushuntirib bering.
2. O'zinduksiya EYuK va g'altak induktivligi formulasini yozing. Induktivlik birligi qanday aniqlanadi?
3. Induktiv qarshilikning vujudga kelishi sababini tushuntiring.
4. Faol va induktiv qarshiligi bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiri 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 kuchlanishining effektiv qiymatlari qanday aniqlanishini tushuntiring.

9 – ish

Yerning magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisini tangens – bussol yordamida aniqlash.

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

Nazariy qism.

Yer atrofida magnit maydoni mavjudligi insonga juda qadimdan ma'lumdir. Shuning uchun ham Yerni juda katta magnitga o'hshatishiga yer markazida joylashgan ML magnit depoli 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 N va uning janubiy (J) geografik qutbga yaqin joylashgan. Magnit dipolning maydon induksiya (B) chiziqlarining manzarasi va yo'nalish tajriba asosida aniqlangan bo'lib, 1-rasmda tasvirlangan. Demak, yer sirti atrofida magnit maydoni o'rab olgan ekan. Buni 1-rasmda tasvirlangan kichkina magnit strelkalarining har xil yo'nalish joylashishini tasdiqlaydi. Masalan, yerning magnit qutblarida (S nuqtalarida) magnit strelka yer sirtiga tik yo'nalgan bo'lsa, yer ekvatoriga mos keluvchi nuqtalar(D) da gorizontal joylashadi. Yer sirtining boshqa ixtiyoriy nuqtalarida (mas. A nuqtada) esa, magnit strelka magnit maydon induksiya chiziqlariga urinma ravishda yo'nalgan bo'ladi.. 1- rasmdagi B-X yerning magnit maydon induksiyasi. Bg uning gorizontal tashkil etuvchisidir.

Yerning magnit maydon induksiyasi vektori (B) ning gorizontal tekislikka proyeksiyasi Yerning magnit maydoni induksiya. Vektorining gorizontal tashkil etuvchini Bg deyiladi. Yer magnit maydoni induksiyasi yo'nalishi bilan gorizontal tashkil etuvchini orasidagi burchak (β) magnit enkayishi deyiladi

Yer sirtida shunday joylar borki, bu joylarda magnit maydoni induksiyasi geografik kengligi shunga o'xshash bo'lgan joylardagi maydon induksiyasidan 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 magnetizm 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 mavjud. Shunday asboblardan biri va eng oddiy kompasdir. Kompas vertikal o'q atrofida aylana oladigan magnit strelka bo'lib, o'q atrofida aylanishi magnit maydon induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisi ($\vec{B}_g$) ning ta'siriga asoslangan. Bu ta'sir natijasida kompas strelkasining bir uchi shimolni, ikkinchi uchi janubni ko'rsatadi.

Yerning magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisini

aniqlash uchun tangens-bussoldan foydalanamiz. Tangens bussol (TB), R – radiusli n ta o'ramli va markazida kompas joylashgan va yassi vertikal g'altakdan iborat qurilmadir. O'zgaras tok manbaiga ulangan tangens-bussol bilan tanishib chiqaylik. 2 – rasmda tokka ulangan tangens-bussolning kesimi tasvirlangan. Aylana ko'rinishidagi punktir chiziqlar magnit maydon induksiyasi chiziqlarini, uni markazdan musbat ishora tokining chizma tekisligining orqa tomonidagi nuqta esa tokning biz tomonga yo'nalganligini bildiradi.

Agar zanjirda tok mavjud bo'lsa, magnit strelkasi magnit meridiani yo'nalishida bo'ladi.

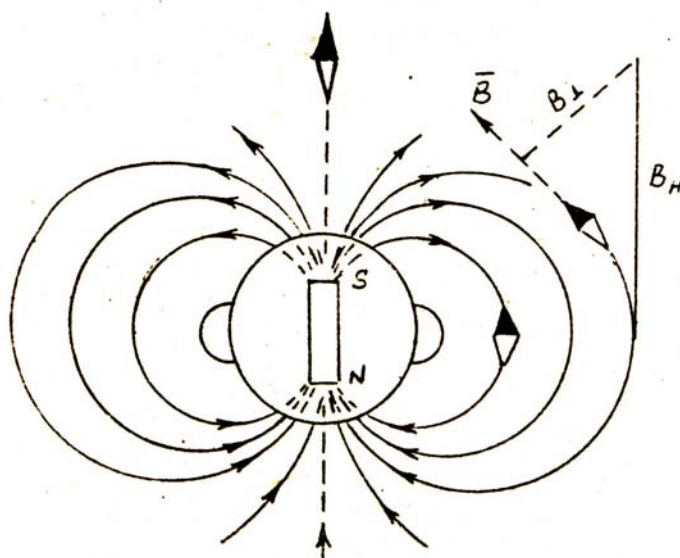
Magnit maydonning gorizontal tashkil etuvchisi yo'nalishiga mos kelgan yo'nalish magnit meridiani deyiladi.

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 maydon induksiyasidan yoki aniqroq aytganda, uning gorizontal tashkil etuvchisi, $\vec{B}_g$ dan tashqari, aylana shaklidagi o'ramlardan o'tayotgan tok kuchining g'altak markazida hosil qilgan muhit maydon induksiyasi $\vec{B}_0$ ham ta'sir qilishidadir. 2-rasmdan α burchak tangensi ushun quyidagi formulaga ega bo'lamiz:

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

Bu ifodadan yerning magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisi ($\vec{B}_g$) topiladi:

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



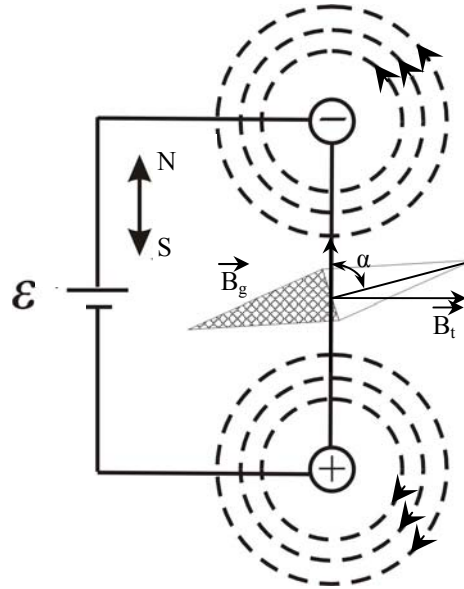
1-rasm.

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 induksiyasini aniqlash uchun shu o'tkazgichni $d\ell$ bo'laklarga bo'lamiz. $Jd\ell$ kattalik tok elementi deyiladi. Har bir tok elementining M nuqtada hosil qilgan maydon induksiyasi dB ni Bio-Savar-Laplas qonuniga asosan quyidagi formula orqali ifodalash mumkin:

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

bu yerda μ_0 - magni doimiysi. ($\mu_0 = 12,56 \cdot 10^{-12} \text{ Gn/m}$)



2-rasm.

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

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

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

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

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

ko'rinishiga keladi. Integrallash amalini bajarib, $B_0 = \frac{\mu_0 I}{2R}$ (6) ifodaga ega bo'lamiz. Bu qiymat bitta aylana tokning markazida (bizning hol uchun tangensbussol markazida) hosil bo'layotgan magnit maydon induksiyasini ifodalaydi. B_0 ning SI dagi o'lchov birligi tesla Tl bo'ladi. Umumiy holda, ya'ni tangensbussoldagi sim o'ramlar soni n ga teng bo'lganda (6) ifoda

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

ko'rinishida yoziladi. Bu ifodani (2) ga qo'yib, yerning magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisini aniqlash formulasiga ega bo'lamiz:

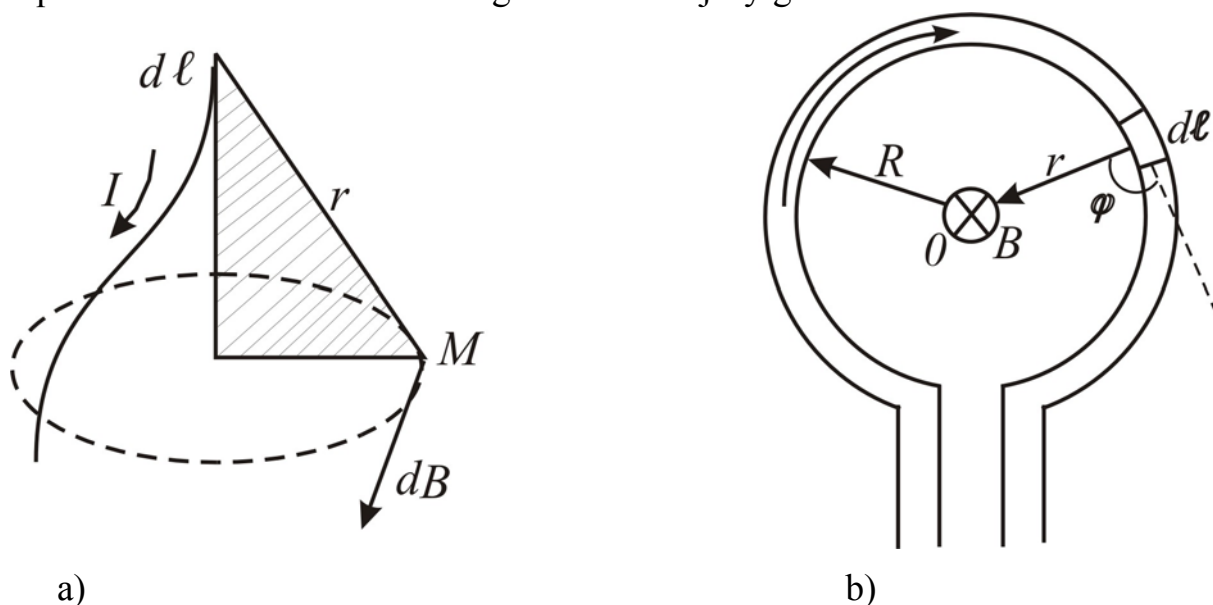
$$B_g = \frac{n\mu_0 I}{2R \operatorname{tg} \alpha} \quad (8)$$

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

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

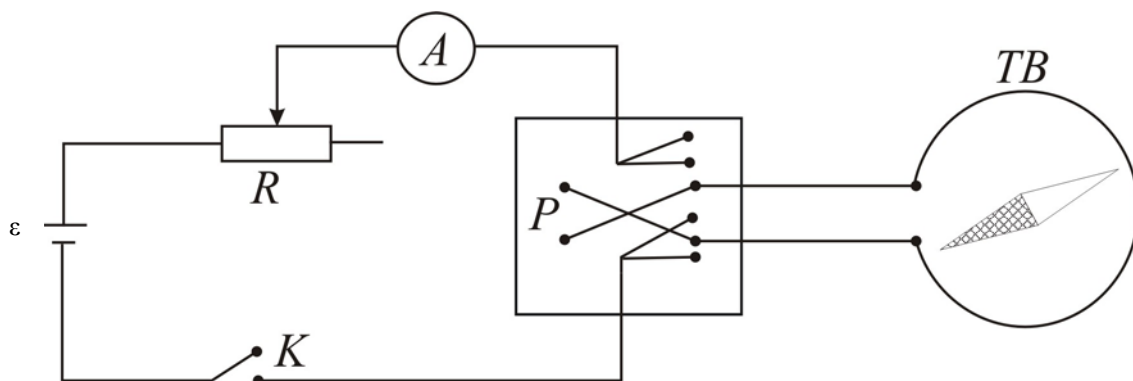
ko'rinishiga keladi. C – tangens-bussol doimiysi deyilib, magnit maydoni o'lchanishi lozim bo'lgan biror geografik kenglikda qo'llaniladigan tangens-bussol uchun u o'zgarmas kattalikdir.

Yerning magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisini aniqlash uchun 4-rasmda tasvirlangan elektr zanjir yig'iladi.



3-rasm.

Bu rasmda TB – tangens-bussol, R – reostat, ε - tok manbai, K – kalit, P – qayta ulagich, A – ampermetr. Bu ishda aylanasi bo'ylab bir necha o'ram sim o'ralgan katta diametrli aylanasi yig'och karkas tangens-bussol vazifasini o'taydi. Karkas markazida g'ilof ichida gorizontal tekislikda erkin aylana oladigan strelkani arretirdan qutichadagi maxsus richagini burash bilan osongina bo'shatish mumkin.



4-rasm.

Ishni bajarish tartibi

- 1 – rasmda tasvirlangan elektr zanjiri yig'iladi.
- Magnit strelka arretirdan bo'shatiladi va tangens-bussol shunday o'rnatiladiki, g'altak tekisligi magnit meridiani yo'nalishida joylashgan bo'lsin. Bunda strelkaning bir uchi 0^0 ni, ikkinchi uchi esa 180^0 ni ko'rsatadi.
- Sxema tekshirilgandan so'ng elektr zanjir tok manbaiga ulanadi.
- R – reostat yordamida $0.2 A$ ga teng tok kuchi tanlanib, bunday tokda strelkaning har ikki uchining magnit meridiani yo'nalishidan og'ish burchaklar qiymatlari α_1 va α_2 yozib olinadi.
- P – qayta ulagich yordamida tokning yo'nalishi o'zgartirilib, tokning $0.2 A$ qiymati uchun strelka uchlarining α_3 va α_4 yozib olinadi. O'g'ish burchagining to'rtala qiymatlariga ko'ra ularning o'rtacha qiymat miqdori aniqlanadi:

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

Shu tartibda tokning $0.3 A$, $0.4 A$ 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 maydoni induksiyasining gorizont tal tashkil etuvchisi hisoblanadi. So'ngra B_g 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 natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

№	$I (A)$	Strelkaning o'gishi				$tg\alpha$	B_g	ΔB_g	$\frac{\Delta B_g}{B_g}$	C	ΔC
		α_1	α_2	α_3	α_4						
1	0.2										
2	0.3										
3	0.4										
4	0.5										
5	0.6										

Savollar.

- Yerning magnit maydoni induksiya vektori qanday yo'nalgan? Magnit anomaliyasi qanday hodisa?
- Yerning magnit maydoni induksiyasining gorizont tal tashkil etuvchisi deb nimaga aytiladi?
- G'altak o'rami tekisligini magnit meridiani yo'nalishida o'rnatishning qanday zaruriyati bor?
- Bio-Savar_laplas qonunini tushuntiring va uning umumiy formulasini yozing.

5. Yerning magnit maydon induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisini aniqlaydigan (8) formulani keltirib chiqaring.
6. Tangens – bussol doimiysi qanday kattaliklarga bog'liq?

10 – ish

Elektronning solishtrima zaryadini magnetron usuli yordamida aniqlash.

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

Nazariy qism.

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

$$F_L = qvB \sin \alpha \quad (1)$$

Bu yerda F_L - Lorens kuchi, q – harakatlanayotgan zarra zaryadi, v - zarra tezligi, B – magnit maydon induksiyasi, α - zarra tezligining yo'nalishi bilan induksiya vektori yo'nalishi orasidagi burchak.

Demak, magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadli zarraga ta'sir qiluvchi Lorens kuchi zaryad miqdori q ga, zarra tezligi $\vec{v}$ ga, magnit maydon induksiyasi $\vec{B}$ ga hamda $\vec{v}$ va $\vec{B}$ ga orasidagi burchak sinusiga proporsional ekan. Lorens kuchi ifodasini vektor ko'rinishida quyidagicha yozish mumkin:

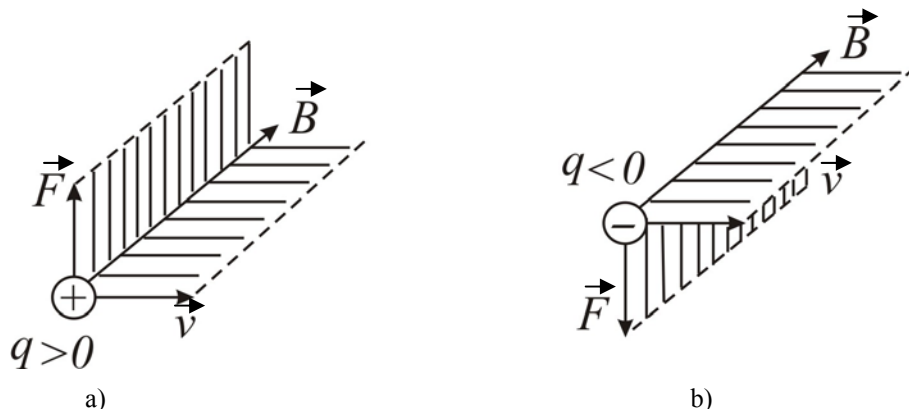
$$\vec{F}_L = q[\vec{v} \times \vec{B}] \quad (2)$$

Lorens 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, $\vec{F}_L$ vektorining uchidan qaralganda $\vec{v}$ dan $\vec{B}$ ga o'tishdagi eng qisqa masofa soat strelkasi yo'nalishiga teskari yo'nalishda bo'lishi kerak.

1, a-rasmda musbat zaryadga, 1, b-rasmda esa manfiy zaryadga ta'sir etuvchi Lorens kuchining yo'nalishi tasvirlangan.

Agar, zaryadlangan zarraning harakat yo'nalishi magnit induksiya chiziqlariga perpendikulyar bo'lsa, ta'sir qilayotgan ta'sir kuchi maksimal qiymatga ega bo'ladi.

$$\sin 90 = 1, \quad F_L = qvB \quad (3)$$



1-rasm.

Lorens kuchining yo'nalishini chap qo'l qoidasi yordamida aniqlash mumkin: chap qo'lni shunday tutish kerakki, magnit maydonning 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 lorens kuchining yo'nalishini ko'rsatadi (2-rasm).

Lorens kuchi quyidagi o'ziga xos xususiyatlarga ega: 1) u faqat harakatdagi zaryadlarga ta'sir qiladi; 2) harakatdagi zaryad tezligi $|\vec{v}|$ ning son qiymatini o'zgartirmaydi, ya'ni ish bajarmaydi; 3) u zaryadning faqat harakat traektoriyasini o'zgartiradi. Misol tariqasida bir jinsli magnit maydonida $\vec{v}$ tezlik bilan perpendikulyar tushayotgan q musbat zaryadning harakatini tekshirib ko'raylik. Lorens kuchi zaryad tezligiga perpendikulyar yo'nalganligi sababli uning traektoriyasi aylana ko'rinishiga ega bo'ladi. Lorens kuchi aylana markazi tomon yo'nalgan bo'lib, (chap qo'l qoidasiga kora) markazga intilma kuch $F_M = \frac{mv^2}{R}$ vazifasini bajaradi. Bunda m – zaryadlangan zarra massasi, $\vec{v}$ zarra tezligi, R – aylana radiusi (3-rasm). Nyutonning 2 – qonuniga ko'ra Lorens kuchi markazga intilma kuchga teng bo'ladi, ya'ni

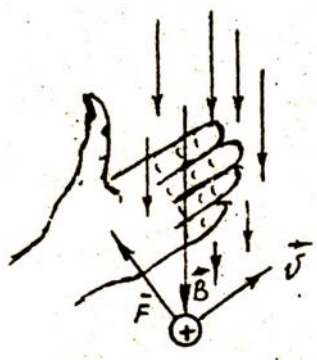
$$\frac{mv^2}{R} = qvB \quad (4)$$

yoki bundan

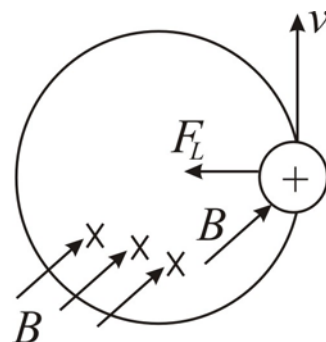
$$\frac{q}{m} = \frac{v}{RB} \quad (5)$$

ifoda kelib chiqadi.

Agar, zarracha zaryadi elektron zaryadiga, zarracha massasi esa elektron massasiga teng bo'lsa ($m = m_e$, $q = q_e$), $\frac{q_e}{m_e}$ nisbatga elektronning solishtirma zaryadi deyiladi.



2-rasm.



3-rasm.

3-rasmda X belgi magnit maydon induksiyasining yo'nalishini (rasmda u chizma tekisligining orqa tomoniga yo'nalgan), $+$ belgi musbat ishorali zaryadni, v -shu zaryadning tezligini ifodalaydi.

O'lchash usuli va sxemasi

Bu ishdan maqsad elektronning solishtirma zaryadini aniqlashdir. (5) ifodaga ko'ra $\frac{q_e}{m_e}$ elektronning solishtirma zaryadini aniqlashda elektronning tezligini, magnit maydon induksiyasini va elektronning harakat traektoriyasining radiusini bilish lozim. Buning uchun elektronning elektr va magnit maydon ta'siridagi harakatini o'rganish lozim bo'ladi. Bunda magnetron usulidan foydalanish mumkin.

Magnetron deb maxsus tuzilishga ega bo'lgan, ichidan havosi so'rib olingan uch elektrodli electron qurilmaga aytiladi. Bu elektrodlar katod (ingichka tola ko'rinishida), to'r va anod (silindrsimon) ko'rinishidadir. 4, a-rasmda magnetron tuzilishining umumiy ko'rinishi, 4,b-rasmda esa kesim qirqimi va undagi katoddan uchib chiqayotgan elektronlarning elektrostatik maydon ta'siridagi harakati tasvirlangan.

Anod bilan to'r ozaro tutashtirilib, ularga bir xil U potensial beriladi. Bunda ular orasidagi maydon bir xil potensialli maydon bo'ladi. Qizdirilgan katoddan termoelektron emissiyasiga muvofiq elektronlar uchib chiqadi. To'r bilan katod oralig'iga elektrostatik maydon berilganligi 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 borgunlaricha o'z tezliklarini orttirib boradilar. Agar elektronlarning boshlang'ich tezliklarini nisbatan kichik qiymatga ega ekanliklarini e'tiborga olmasak, elektronning to'rdan o'tayotgan paytdagi 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:

$$\frac{m_e v^2}{2} = q_e U$$

bundan

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

ifodaga ega bo'lamiz. To'rdan chiqqan elektronlar o'zgarmas tezlik bilan harakatlanib anodga yetib boradi va I_a anod tokini hosil qiladi. To'r va anod bir xil potensialga ega bo'lganligi sababli ular orasidagi elektrostatik maydonni o'tishda elektronlarning 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 $\frac{q_e}{m_e}$ nisbatni aniqlash uchun magnetronga kiygizilgan g'altak simi o'ramlaridan elektr toki o'tkaziladi. Bu tok solenoid toki I_e deb ataladi. Solenoid toki magnetronning ichida solenoid o'qi bo'ylab yo'nalgan bir jinsli magnit maydonini hosil qiladi. Bu magnit maydon induksiyasi quyidagi ifodadan topiladi:

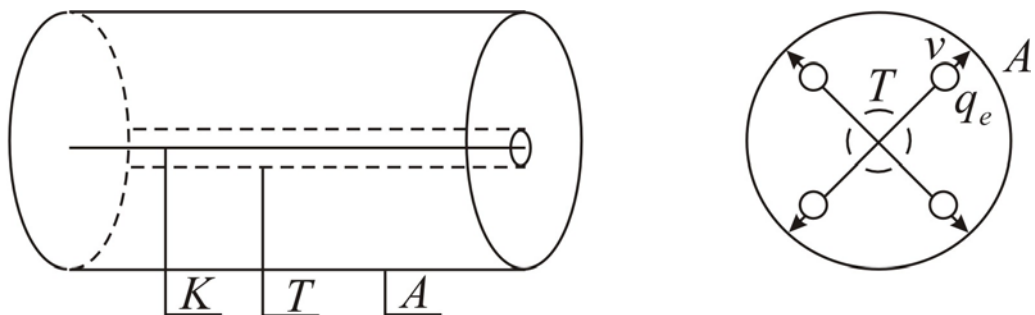
$$B = n\mu_0 I \quad (8)$$

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

Magnetronda magnit maydon mavjudligi tufayli Lorens kuchi vujudga kelib elektronlarning harakat traektoriyasi egrilana boshlaydi (5, a-rasm). Shuni ta'kidlash lozimki, katod bilan to'r oralig'ida elektronlarning traektoriyasi to'g'ri chiziq shaklida qoladi deb hisoblash mumkin. Traektoriya faqat to'r bilan anod oralig'ida egrilana.

Aytilganlarni quyidagicha tushuntirish mumkin: katod bilan to'r oralig'i juda kichik bo'lib, elektr maydonning ta'siri magnit maydon ta'siriga nisbatan juda katta bo'ladi; to'r bilan anod oralig'idagi bo'shliqda esa elektronning harakatiga ta'sir qiluvchi elektr maydon yo'q. bunda elektronlar o'z inersiyasi bilan harakatlanadi va ularga faqat magnit maydon ta'sir ko'rsatadi.

Agar solenoid orqali o'tayotgan tok kuchi I_e ning qiymatini oshirsak, magnit maydon induksiyasi ham kattalashib, natijada Lorens kuchining ta'siri yanada ortadi va elektronning trayektoriyasi yanada ko'proq egrilana boshlaydi. I_e ning qiymatini yanada kattalashtirsak, shunday vaziyat vujudga kelishi mumkinki, unda to'rdan o'tgan elektronlarning juda ko'p qismi (90 – 95 %) anodga juda yaqinlashib aylana chizgan holda to'rga qaytib tusha boshlaydi (5, b-rasm). Magnit induksiyasining bunday holatga mos keluvchi qiymati kritik qiymat B_{kr} deyiladi. Solenoid tokining yanada ortishida, ya'ni $B > B_{kr}$ da elektronlar anodga yetib bormaydi (5, c-rasm). Natijada anod toki qiymati nolga intiladi. Umuman, anod toki qiymati tamomila nolga tenglashmaydi, chunki katta tezlikka ega bo'lgan tasodifiy elektronlar mavjud bo'lib, ular anodga yetib borishi mumkin.



4-rasm

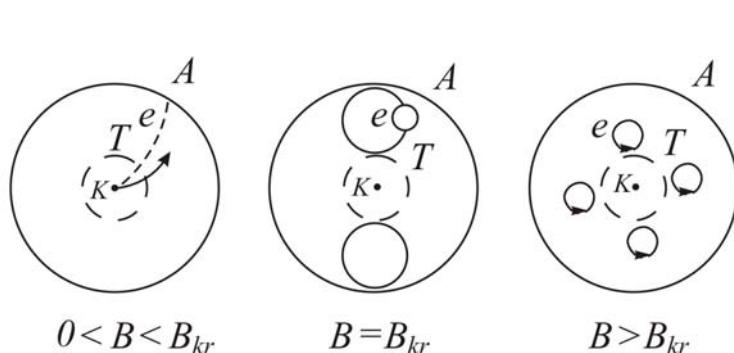
Bu ishda (8) formuladagi B ning qiymati uchun B_{kr} olinadi. Elektron trayektoriyasining radiusi (R) to'ra bilan anod orasidagi masofaning yarmisiga teng bo'ladi, ya'ni $R = \frac{b}{2}$. Bunda b – to'ra va anod orasidagi masofa. Maydon induksiyasiga to'g'ri keladigan solenoid toki kritik tok bo'ladi.

Shunday qilib (7) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

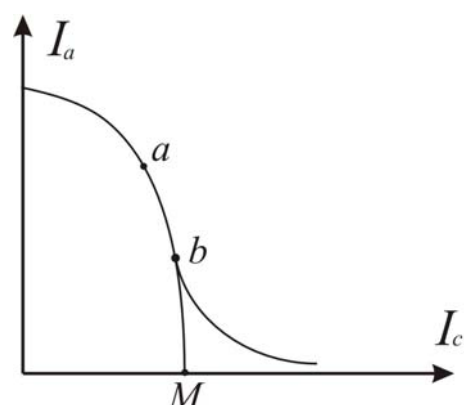
$$\frac{q_e}{m_e} = \frac{2U}{B_{kr}^2 R^2} = \frac{8U}{n^2 \mu_0^2 b^2 I_{kr}^2} \quad (9)$$

(9) ifoda yordamida elektronning solishtirma zaryadi hisoblab topiladi.

Solenoid tokining $I_{c(kr)}$ qiymatini topish uchun anod tokining I_a solenoid toki I_c ga bog'liq grafigi shiziladi (6-rasm).



5-rasm.

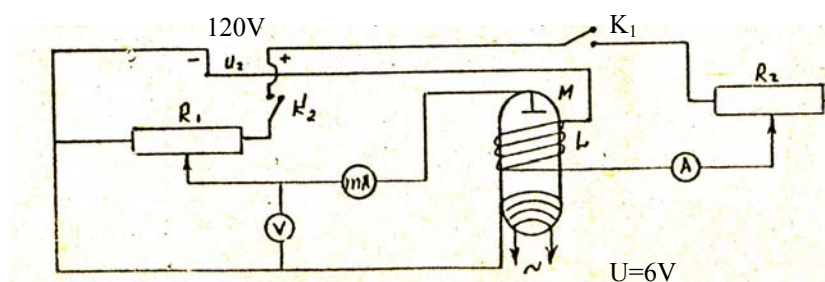


6-rasm.

Katoddan chiqayotgan elektronning ko'p qismi bir xil tezlikka yaqin qiymatga ega bo'lganligi sababli solenoid tokining ma'lum qiymatida anod toki juda tez kamayadi. Solenoid tokining $I_{c(kr)}$ kritik qiymatini aniqlash uchun shu grafikdan foydalanamiz. Buning uchun grafik chizig'ining eng tik qismini to absissa I_c o'qi bilan kesishguncha davom ettiriladi. M nuqtaga mos kelgan solenoid toki kritik tok bo'lib, uning qiymati (9) hisoblash formulasiga qo'yiladi.

(9) ifodadagi n o'ramlar zichligi va b masofa qiymatlari uchun mos ravishda $n = 1.8 \cdot 10^4 \frac{\text{o'ram}}{\text{m}}$, $b = 3.28 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.

Bu yerda V voltmetr, anod bilan tok oralig'idagi kuchlanishni o'lchaydi.. bu kuchlanish R_1 reostat yordamida boshqariladi.



Ishni bajarish tartibi

1. 7 – rasmda tasvirlangan elektr zanjiri yig'iladi. Olingan natijalarni yozish uchun quyidagi jadval chiziladi. Potensiometr va reostatlarining surgichlari kuchlanish minimal bo'ladigan holatlarga qo'yiladi.

$I_c (A)$	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 paytda 6 V va 120 V kuchlanish manbai zanjirga ulanadi. Magnetron qiziguncha 1-2 daqiqa kutiladi. Katodni qizdirish uchun lozim bo'lgan kuchlanish to'g'ridan to'g'ri ulangan bo'ladi.

3. K_1 kalit ulanadi. R_1 potensiometrning surgichi yordamida anod kuchlanishi 70 – 100 V ga qo'yiladi. Bunda anod toki biror maksimal qiymatga ega bo'ladi.

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 har bir qiymatiga mos kelgan anod toki aniqlanadi va ular jadvalga yoziladi.

5. I_a anod toki bilan I_c solenoid toki orasidagi bog'lanish grafigi chiziladi. Grafikning tok kamayish joyi absissa o'qini kesib o'tguncha davom ettiriladi va $I_{c(kr)}$ tok topiladi.

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

Savollar.

1. Laboratoriya ishidan kutilgan maqsadning mohiyatini tushuntiring.
2. Lorens kuchi formulasini yozing va bu kuchning yo'nalishi qanday topilishini ta'riflang.
3. Magnetron ichidagi elektronning harakat traektoriyasini chizing.
4. Nima uchun solenoid tokining ma'lum bir quymatida elektronlar anodga yetib bormaydi?
5. I_a anod tokining I_c solenoid tokiga bog'liqlik grafigini tushuntiring
6. Solenoidning B_{kr} maydon induksiyasi qanday aniqlanadi?
7. Ishning elektr sxemasini chizing va uning ishlash prinsipini tushuntiring.
8. (9) formulani keltirib chiqaring.

MUNDARIJA

Soʻz boshi	3
Elektr oʻlchov asboblari va qurilmalari haqida qisqacha maʼlumot	4
1-ish. Galvanometrning tok kuchi va kuchlanishi boʻyicha boʻlim qiymatlarini aniqlash.	8
2 – ish. Elektrostatik maydonini oʻrganish	10
3 – ish. Kondensator sigʻimini Uiton koʻprigi yordamida oʻlchash.	16
4 – ish. Galvanik elementlarning elektr yurituvchi kuchini kompensatsiya usuli bilan oʻlchash.	23
5 – ish. Choʻgʻlanma lampochkalarining qarshiligi va quvvatini aniqlash.	35
6 – ish. Oʻtkazgichning qarshiligini oʻzgarmas tok koʻprigi yordamida aniqlash.	37
7 – ish. Elektron lampaning ishlashini oʻrganish va katodning haroratini aniqlash.	41
8 – ish. Gʻaltakning induktivligini, toʻla kuchlanish va tok orasidagi faza siljishini hamda muhitning magnit singdiruvchanligini aniqlash.	46
9 – ish. Yerning magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisini tangens – bussol yordamida aniqlash.	52
10 – ish. Elektronning solishtrima zaryadini magnetron usuli yordamida aniqlash.	57