

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

---

**ФУНДАМЕНТАЛ ФАНЛАР ФАКУЛЬТЕТИ**

**«ФИЗИКА» КАФЕДРАСИ**

**ЭЛЕКТР ВА МАГНЕТИЗМ  
(ФИЗИКАДАН ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИ ТЎПЛАМИ)**

**Тошкент – 2005 йил**

**Муаллифлар: Миркамилов Д.М., Қосимжонов М.О., Ризаев Х.А.,  
Эрназаров Ш.Н.**

Ушбу услубий қўлланмада умумий физика курсининг электр ва магнетизм қисми бўйича бажарилиши лозим бўлган лаборатория ишлари берилган. Қўлланмада 9 та лаборатория ишининг тавсифи баён этилган. Ҳар бир лаборатория иши бўйича назарий қисм, ишнинг моҳияти, ишни бажариш тартиби, электр схемалари ва аниқланиши лозим бўладиган физик катталиқни ҳисоблаш ифодалари келтирилган.

Мазкур қўлланма олий техника ўқув юртлари, шу жумладан кимё-технология йўналиши бўйича таълим олувчи бакалаврлар учун мўлжалланган

**Тақризчи: Тошкент Давлат Техника Университети  
«Физиканинг махсус боблари» кафедраси мудири  
ф-м.ф.д. проф. Рисбоев А.С.**

Услубий қўлланма «Физика» кафедрасининг мажлисида чоп этишга тавсия қилинган (28-сонли баённома, 20.05.2005 йил). Институт ўқув-услубий кенгаши мажлисида (5-сонли баённома, 1.06. 2005 йил) тасдиқланган.

## ЭЛЕКТР ЎЛЧОВ АСБОБЛАРИНИНГ ИШЛАШИ БИЛАН ТАНИШИШ

Кафедранинг «Электр ва магнетизм» лабораторияси хонаси керакли бўлган замонавий электр ўлчов асбоблари билан таъминланган. Бундан мақсад мавжуд бўлган электр асбобларининг тузилиши ва ишлаш принципи билан таништиришдан иборат.

Аввало, соддароқ кўринишдаги электр ўлчов асбобларининг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиб ўтайлик. Электр ўлчов асбоблари қўзғалувчан ва қўзғалмас қисмлардан иборат бўлади. Ўлчаш вақтида асбобдан ток ўтиши натижасида қўзғалувчан қисмида вужудга келадиган айлантирувчи момент пружинанинг тескари таъсир қилувчи моменти билан тенглашади. Бундай тенглашиш пайтида асбобнинг сирткаси маълум бурчакка оғади.

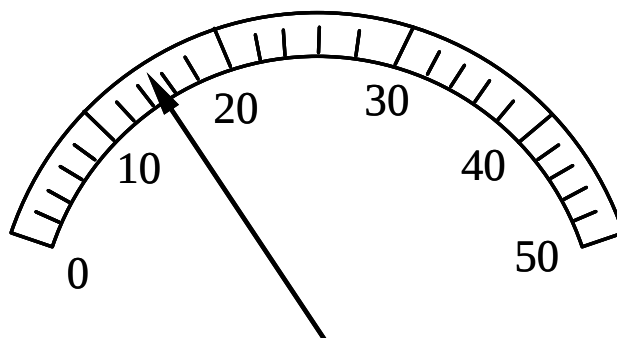
Ўлчанаётган катталиқнинг бир бирлик қийматига тўғри келадиган стрелканинг оғиш бурчагига сон жиҳатдан тенг бўлган катталиқ асбобнинг сезгирлиги  $S$  дейилади.

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

Сезгирликнинг ўлчамлиги ўлчанаётган катталиқ характериға боғлиқ (масалан, асбобнинг ток бўйича ёки кучланиш бўйича сезгирлиги ва ҳ.к.). Асбобнинг сезгирлигига тескари бўлган катталиқ, унинг бўлим қиймати  $K = \frac{1}{S}$  дейилади.

Бўлим қиймати асбоб стрелкасининг бир бўлимиға оғиши ўлчанаётган катталиқнинг қандай қиймати тўғри келишини ифодалайди. Масалан, 0-250 В гача кучланишни ўлчовчи асбоб берилган бўлсин (1-расм). Бу асбобнинг шкаласи 50 га бўлинган дейлик. У ҳолда сезгирлик  $S = \frac{50}{250} = 0,2 \frac{\text{бўлим}}{\text{В}}$  бўлса, бўлим қиймати

$K = \frac{250}{50} = 5 \frac{\text{В}}{\text{бўлим}}$  бўлади.

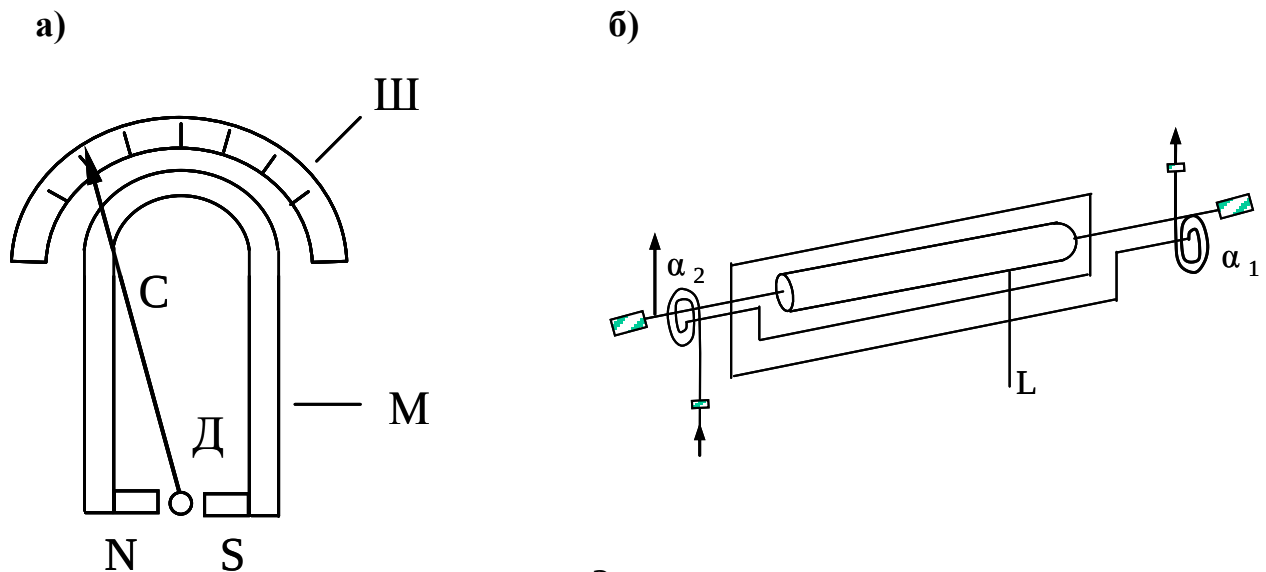


1-расм

Умуман ток ва кучланишни ўлчовчи оддий электр асбобларни магнитоэлектрик, электромагнитик ва бошқа турдаги ўлчагич системаларига асосланиб ишлайдиган гуруҳларга бўлиш мумкин.

### 1. Магнитоэлектрик система

Магнитоэлектрик системадаги электр ўлчов асбобларининг ишлаши кўзгалмас магнитнинг магнит майдони билан кўзгалувчан рамка чулғамидан ўтувчи электр токининг ўзаро таъсирига асосланган. Бу системадаги электр ўлчов асбоблари ўзгармас ток занжирларида ток ва кучланишни ўлчаш учун қўлланилади. Қуйидаги 2а-расмда асбобнинг умумий кўриниши, 2б-расмда эса ички тузилиши тасвирланган. Кўзгалмас U симон магнит (М), N ва S кутбларга эга бўлиб, унинг кутблари ўртасида темир цилиндр билан бир ўқда изоляцияланган ингичка сим ўралган тўғри бурчакли кўзгалувчан рамка L жойлашган (2б-расм). Бу рамка цилиндр билан магнит кутблари орасидаги бўшлиқда эркин ҳаракатлана олади. Рамка кўзгалувчан системанинг асосий қисмини ташкил этиб, стрелка (С) ни ўз ичига олади. Кўзгалувчан бу системани маълум вазиятда иккита спираль пружина  $\alpha_1$  ва  $\alpha_2$  тутиб туради.



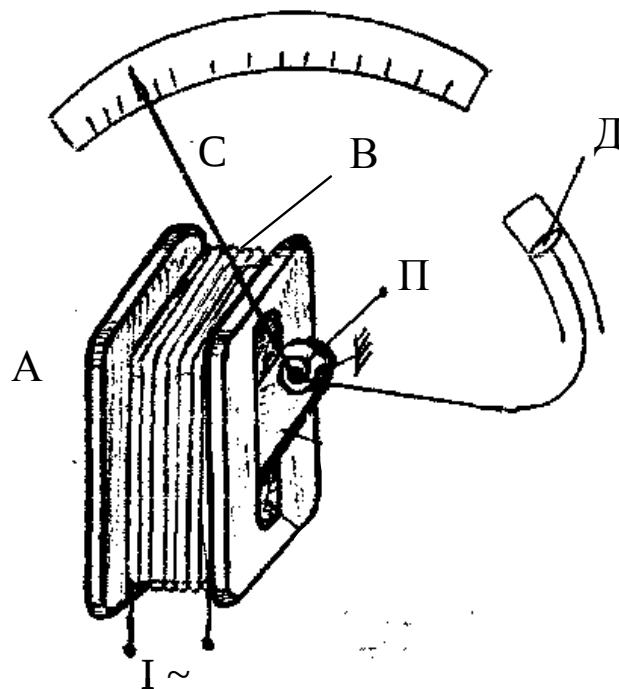
2-расм

Ўлчанаётган ток ғалтакка пружиналар ва ярим ўқ орқали берилади. Бу пружиналар рамканинг айланишига қарши таъсир кўрсатади. Магнитнинг магнит майдони билан рамкадан ўтувчи токнинг таъсирланиши туфайли айлантурувчи момент вужудга келади. Унинг таъсирида асбобнинг кўзгалувчан қисми ўқ атрофида айланади ва пружиналар ўрала бошлайди. Натижада пружинада эластик кучи вужудга келиб, қарама-қарши таъсир моментини юзага келтиради. Маълум вақтдан сўнг айлантурувчи момент билан акс таъсир этувчи момент тенглашади ва мувозанат барқарор топади. Асбоб сирелкаси «Ш» шкаланинг бирор қийматини кўрсатиб тўхтайд. Стрелканинг оғиш бурчаги рамкадан ўтаётган токка тўғри пропорционал  $\alpha \approx I$ . Бу боғланишдан кўринадики, магнитоэлектрик системадаги асбобларнинг бўлимлари бир-бирига тенг бўлган шкалага эга. Магнитоэлектрик

системасига асосланиб тайёрланган электр асбоблари ўзгарувчан токни ўлчашга яроқсиздир.

## 2. Электромагнит система

Электромагнит системадаги асбобнинг ишлаш принципи қўзғалувчан темир ўзаги билан ғалтакдан ўтаётган ток магнит майдонининг ўзаро таъсирига асосланган. Электромагнит системадаги асбобнинг тузилиши 3-расмда берилган. Қурилма қисқа қирқимли А ғалтак, юмшоқ темирдан тайёрланган В ўзак ҳамда бу ўзакка пружина орқали маҳкамланган С стрелка ва Д тинчлантиргичдан иборат. А ғалтакдан ток ўтиши натижасида магнит майдон вужудга келади. Натижада темир ўзак магнитланади ва ўз ўқи атрофида бурилиб, ғалтак тирқиши ичига тортилади. Шу пайтда пружина ўрала бошлайди ва С стрелка шкала бўйлаб ҳаракатга келади. Тинчлантиргич Д цилиндр ичида ҳаракатга келиб, С стрелкани тўхтатади. Ток йўналишининг ўзгариши ўзакни қайта магнитланишига олиб келади, унга таъсир этувчи тортиш кучи ўзакни ғалтак ичида тутиб тураверади. Бу эса электромагнит системасидаги асбобларнинг ўзгарувчан токни ёки кучланишни ўлчаш имкониятини беради.



3-расм

Ток кучининг ортиши билан ғалтак тирқишидаги майдон индукцияси ҳамда темир ўзакнинг магнитланиши ортади. Электромагнит системасидаги асбоблар кўрсаткичларининг оғиш бурчаги  $\alpha \sim I^2$ . Шу жиҳатдан ҳам, бундай ўлчов асбоблари шкаласидаги бўлимлар бир-бирига тенг эмас. Шу билан бирга ўлчов асбобларида 2,5 кВ деб қўйилган белги ҳам мавжуд, бу эса шу асбобнинг изоляцияси 2,5 кВ га бардош бера олишини кўрсатади.



## 1 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ ЭЛЕКТРОСТАТИК МАЙДОННИ ЎРГАНИШ

**Ишдан мақсад:** Маълум шаклдаги электрод ўтказгич атропоида ҳосил бўладиган электр майдон табиатини ўрганиш.

**Керакли асбоб ва буюмлар:** сув солинган ванна, турли шаклдаги электродлар, потенциометр, ўзгармас ток манбаи, вольтметр, гальванометр.

### НАЗАРИЙ ҚИСМ

Ҳар қандай электр заряд ўз атропоида электр майдони ҳосил қилади. Агар заряд тинч ҳолатда бўлса унинг ҳосил қилган майдони электростатик майдон дейилади. Бу майдон воситасида зарядлар ўзаро таъсирлашади. Зарядларнинг ўзаро таъсирлашиш кучини Кулон қонуни асосида аниқлаш мумкин. Кулон қонуни қуйидагича таърифланади: "Вакуумда жойлашган иккита нуқтавий  $q_0$  ва  $q$  заряднинг ўзаро таъсир кучи ҳар бир заряд катталигига тўғри мутаносиб, улар орасидаги масофанинг квадратига тескари мутаносиб бўлиб, унинг йўналиши зарядларни бирлаштирувчи тўғри чизиқ билан устма-уст тушади".

Ҳалқаро бирликлар систмаси (СИ) да Кулон қонуни қуйидаги формула орқали ифодаланади:

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

бу ерда  $r$  - зарядлар орасидаги масофа,  $q_0$  ва  $q$  - мос равишда биринчи ва иккинчи нуқтавий зарядларнинг миқдорлари,  $\epsilon_0$  электр доимийси бўлиб, унинг қиймати  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м га тенг. (1) нинг вектор кўринишдаги ифодасини қуйидагича ёзиш мумкин:

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

Электростатик майдоннинг таъсир даражасини характерлаш учун майдон кучланганлиги ва майдон потенциали деб номланган физик катталиклардан фойдаланилади. Жумладан, электростатик майдон кучланганлиги шу майдоннинг бирор нуқтасига киритилган бирлик мусбат зарядга таъсир қилувчи куч миқдори билан улчанувчи катталикдир, яъни

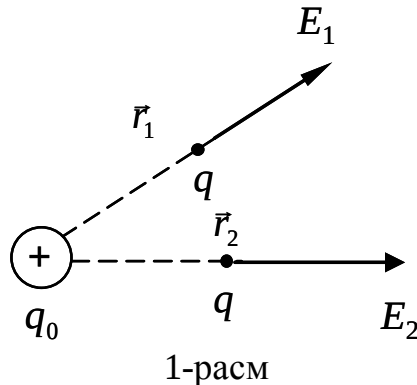
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (2)$$

Кучланганлик вектор катталик бўлиб, унинг йўналиши майдоннинг ҳар бир нуқтасида шу нуқтага жойлштирилган мусбат синов заряди  $q$  га таъсир қилаётган куч йўналишига мос келади.

(1) формуладан куч қийматини (2) ифодага қўйиб, нуқтавий  $q_0$  заряд майдонининг шу заряддан  $r_1$  ва  $r_2$  ўзоқликдаги нуқталарда ҳосил қилган майдон кучланганлигини аниқлаймиз (1-расм). Ҳар бир нуқта учун майдон кучланганлиги мос равишда

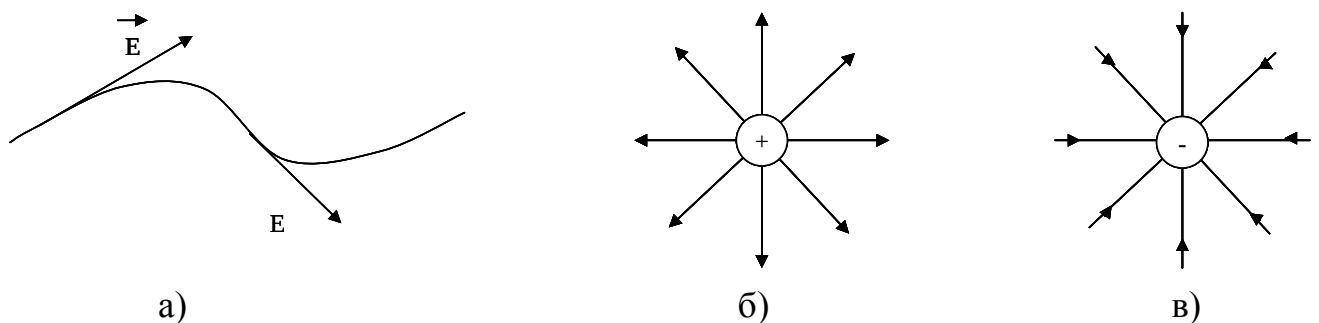
$$\vec{E}_1 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_1^2} \frac{\vec{r}_1}{|\vec{r}_1|}; \quad \vec{E}_2 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_2^2} \frac{\vec{r}_2}{|\vec{r}_2|}; \quad (3)$$

бўлади. Шундай қилиб, нуқтавий  $q_0$  заряд ҳосил қилган электростатик майдоннинг муайян нуқтадаги кучланганлиги шу заряд миқдорига тўғри пропорционал, бу нуқта билан заряд орасидаги масофа  $r$  нинг квадратага тескари пропорционал бўлар экан.



Электростатик майдонни ҳар бир нуқта учун  $\vec{E}$  векторнинг катталиги ва йўналишини кўрсатиш билан белгилаш мумкин.

Электростатик майдонни график усул билан кучланганлик чизиқлари ёрдамида тасвирлаш алоҳида ўрин тутати. Электростатик майдоннинг кучланганлик чизиқлари шундай танланадики, уларнинг ҳар бир нуқтасига ўтказилган уринма майдоннинг шу нуқтадаги кучланганлик вектори билан устма-уст тушадиган чизиқлар туркумига мос келсин (2а-расм). Кучланганлик вектори йўналиши мусбат заряддан чиқади, манфий зарядга тушади, деб қабул қилинган. Мисол тариқасида (2б-расм) мусбат ишорали, (2в-расм) манфий ишорали нуқтавий кучланганлик чизиқлари тасвирланган.

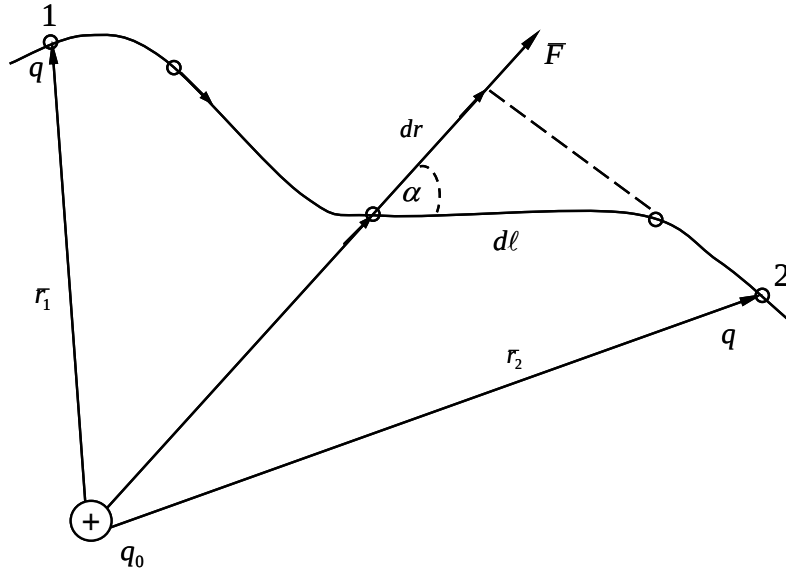


2 - расм

Электростатик майдоннинг иккинчи асосий характеристикаси майдон потенциалидир. Бирор нуқтавий  $q_0$  заряд ҳосил қилган майдоннинг ихтиёрий нуқтасига иккинчи  $q$  заряд киритилган бўлсин. Табиийки, бу зарядга асосий  $q_0$  заряднинг майдони воситасида бирор  $\vec{F}$  куч таъсир қилади. Шу куч таъсирида  $q$  заряд майдоннинг дастлабки бир нуқтасидан бирор траектория бўйлаб иккинчи

нуқтасига кўчиши мумкин. Бунда маълум миқдорда  $A$  иш бажарилади. Бу ишнинг катталигини аниқлаш мақсадида  $q$  заряднинг кўчиш траекториясини бўлакчаларга бўламиз. Узунлиги  $d\ell$  га тенг бўлган ҳар бир элементар йўлда бажарилган ишни қуйидагича аниқлаймиз (3-расм).

$$dA = Fd\ell \cos\alpha = Fdr \quad (4)$$



3-расм

Кўчувчи заряднинг дастлабки 1-ҳолатини  $r_1$  –радиус вектор билан, сўнгги 2-ҳолатини  $r_2$  –радиус вектор билан белгилаб,  $q$  заряднинг 1-ҳолатдан 2-ҳолатга ўтишидаги умумий бажарилган иш миқдорини аниқлаймиз. Бунинг учун Кулон қонуни формуласидан фойдаланиб (4) ифодани  $r_1$  ва  $r_2$  интервал оралиғида интеграллаймиз:

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

Бу ифодани олишда  $q_0$  зарядни қўзғалмас деб ҳисобланади. (5) ифодадан кўринадикки, бажарилган иш  $q$  заряднинг майдонда босиб ўтган йўлига боғлиқ бўлмай, фақат унинг бошланғич ва охириги ҳолатлари ( $r_1$  ва  $r_2$ ) га боғлиқ экан.

Агар бажарилган иш ўтилган йўл шаклига эмас, балки бу заряднинг бошланғич ва охириги вазиятига боғлиқ бўлса, бундай майдон потенциал майдон дейилади. Демак қўзғалмас  $q_0$  заряд ҳосил қилган электростатик майдон потенциал майдон экан. Бу майдонда  $q$  зарядга таъсир қилувчи кучлар потенциал кучлар дейилади.

Потенциал майдонда жойлашган  $q$  заряд турли 1 ва 2 нуқталарда  $W_1$  ва  $W_2$  потенциал энергияга эга бўлади. Демак, майдон кучлари  $q$  заряднинг бошланғич 1 ва охириги 2 вазиятидаги потенциал энергия миқдорининг ўзгариши ҳисобига иш бажаради:

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

Бу ерда  $W_1$  ва  $W_2$  мос равишда  $q$  заряднинг майдоннинг 1-ва 2-нуқталаридаги потенциал энергиясидир:

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

$q$  заряд потенциал энергиясининг шу  $q_0$  заряд миқдорига нисбати асосий заряд майдоннинг муайян нуқтаси учун ўзгармас катталиқ бўлиб, майдоннинг шу нуқтасининг потенциали деб аталади (бу катталиқ  $\phi$  ҳарфи билан белгиланади), яъни:

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

Бу формуладан потенциал сон жиҳатдан бирлик мусбат заряднинг майдондаги муайян нуқтада потенциал энергиясига тенг эканлиги кўринади. Демак майдоннинг 1 ва 2 нуқталарининг потенциали мос равишда

$$\phi_1 = \frac{W_1}{q} \quad \text{ёки} \quad \phi_1 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_1}, \quad \text{ва} \quad \phi_2 = \frac{W_2}{q} \quad \text{ёки} \quad \phi_2 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_2} \quad (9)$$

кўринишга эга бўлади.

(9) ифода асосида  $q$  зарядни майдоннинг бир нуқтасидан иккинчи нуқтасига кўчиришда бажариладиган иш

$$A_{1,2} = q(\phi_1 - \phi_2) \quad (10)$$

формула билан аниқланади. Худди шу зарядни майдоннинг бирор нуқтасидан чексизликка кўчиришда бажариладиган иш эса

$$A_{1,\infty} = q \phi_1 \quad (11)$$

бўлади, чунки (9) ифодага кўра  $r_2 \rightarrow \infty$  да  $\phi_2 = 0$  (11) ифодани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

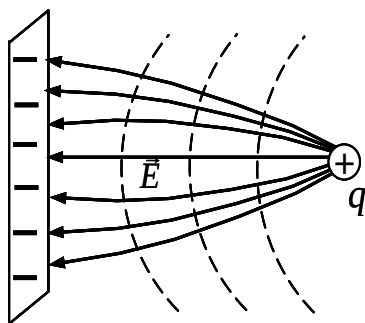
$$\phi_1 = A_{\infty} / q \quad (12)$$

Бундан потенциал сон жиҳатдан майдон кучларининг бирлик мусбат зарядни муайян нуқтадан чексизликка кўчиришда бажарган ишига тенг, деган хулоса келиб чиқади.

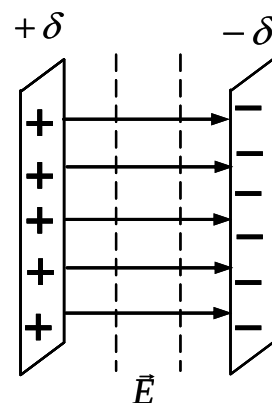
СИ системасида потенциал ва потенциаллар айирмаси бирлиги сифатида **Вольт** қабул қилинган. Қиймати бўйича 1 Вольт шундай нуқтанинг потенциалига тенгки, 1 Кулон зарядни чексизликдан шу нуқтага кучириш учун 1 Жоуль иш бажариш керак:  $1 \text{ Ж} = 1 \text{ Кл} \cdot 1 \text{ В}$  бундан  $1 \text{ В} = 1 \text{ Ж} / 1 \text{ Кл}$

Потенциаллари тенг бўлган нуқталарнинг ҳам майдоннинг хусусиятини ўрганишдаги аҳамияти каттадир. Бундай нуқталарнинг мажмуаси **эквипотенциал сиртни** ташкил қилади. Эквипотенциал сирт бўйлаб  $q$  зарядни кўчиришда бажарилган иш (10) ифодага асосан нолга тенгдир, чунки  $\phi_1 - \phi_2 = 0$ . У ҳолда (4) формулага асосан траекториянинг  $dl$  қисмида бажарилган иш  $F dl \cos \alpha$  ҳам нолга тенг бўлади. Аммо  $F \neq 0$  ва  $dl \neq 0$  бўлганлиги сабабли, фақат  $\cos \alpha = 0$  бўлгандагина бу шарт бажарилади. Демак,  $\alpha = 90^\circ$  га тенг бўлиши керак экан. Бу кучланганлик чизиклари эквипотенциал сиртга ҳамма вақт перпендикуляр йўналган эканлигини билдиради.

4а-расмда манфий зарядланган  $P$  текислик ва мусбат зарядланган  $q$  нуқтавий заряд орасида вужудга келган электр майдон, 4б-расмда эса қарама-қарши ишорали зарядлар билан зарядланган, тенг юзали ва ўзаро параллел иккита ясси пластинка орасида вужудга келган электростатик майдон куч чизиқлари тасвирланган. Бу расмларда пунктир чизиқлар орқали эквипотенциал сиртларнинг тасвири ҳам берилган.



а)



б)

4 - расм

Шундай қилиб, электростатик майдоннинг ҳар бир нуқтасини майдон кучланганлиги ҳамда майдон потенциали орқали ифодалаш мумкин экан. Энди бу катталиклар орасидаги ўзаро боғланишни кўрайлик. Бунинг учун майдоннинг куч чизиғи йўналишида  $q$  зарядни бир эквипотенциал сиртдан иккинчи эквипотенциал сиртга кўчирамиз. Эквипотенциал сиртлар орасидаги потенциаллар фарқи  $\Delta\varphi$  га, улар орасидаги энг қисқа масофа эса  $\Delta x$  га тенг бўлсин. У ҳолда майдон кучланганлиги  $E$  ни  $\Delta x$  масофада ўзгармас деб ҳисоблаб,  $q$  заряднинг шу масофага кўчишида бажарилган ишни қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

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

Иккинчи томондан, ишни заряднинг потенциал энергияси камайиши орқали ҳам ифодалаш мумкин:

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

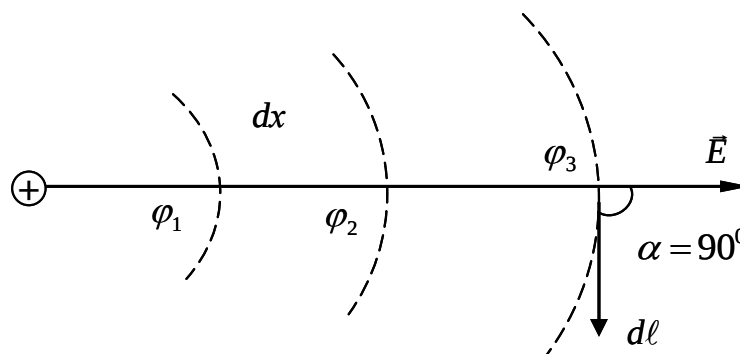
Бу ифодаларни ўзаро тенглаштириб қуйидаги тенгликка эга бўламиз;

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

Демак, электр майдон кучланганлиги миқдорий жихатдан майдон куч чизиғи йўналишида олинган узунлик бирлигига тўғри келадиган потенциаллар айирмасига тенг экан (5-расм). Манфий ишора электр майдон кучланганлиги вектори  $\vec{E}$  потенциалнинг камайиши томонига йўналганлигини билдиради. (14) формулага асосан майдон кучланганлигининг бирлиги  $V/m$  бўлади.

Ушбу лаборатори ишини бажаришдан мақсад турли шаклдаги зарядланган металл жисмлар—электродлар ҳосил қилган электростатик майдоннинг потенциаллари  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$ , ... га тенг бўлган эквипотенциал сиртларни (5-расм)

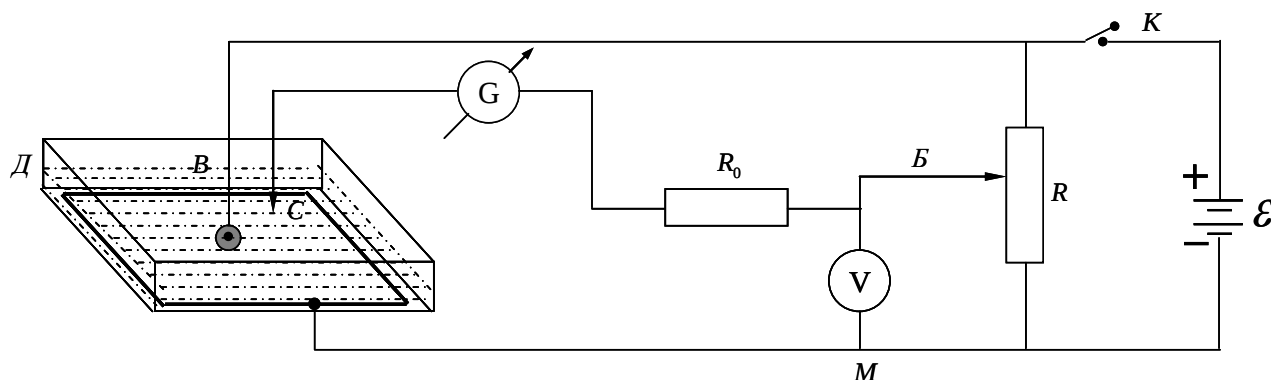
аниқлаш, шунингдек эквипотенциал сиртларга тик йўналган майдон кучланганлиги  $E$  ни ҳам миқдорий жиҳатдан ҳам йўналиши бўйича текширишдан иборатдир.



5 - расм

Бу ишни бажариш учун 6-расмда кўрсатилган электр схема йиғилади.

Бу ерда сув солинган ванна,  $B$  ва  $D$ -электродлар,  $C$ -зонд,  $G$ -гальванометр,  $R$ -потенциометр,  $V$ -вольтметр,  $R_1$ -қўшимча қаршилик,  $\varepsilon$ -ўзгармас ток манбаи.  $K$ -калит уланганда  $B$  ва  $D$  электродлар орасида электр майдон ҳосил бўлади.  $B$  электродга яқин нуқталарда кучланганлик чизиқлари зичлиги катта, майдон потенциали ҳам катта қийматга эга бўлиб,  $D$  электродга яқинлашган сари у камайиб боради.  $C$  зонд потенциометрнинг  $B$  қўзғалувчан контактига уланган. Бу потенциометрнинг  $BM$  қисмидаги кучланиш вольтметр ёрдамида ўлчанади. Унинг қийматини  $B$  контактни силжитиш орқали ўзгартириш мумкин.



6 - расм

### *Ишни бажариш тартиби*

1. Ваннага  $B$  ва  $D$  электродларни ўрнатиб  $0,2 \div 0,5$  см қалинликда сув қуйилади.
2. Қўзғалувчан контакт  $B$  ни силжитиб  $V$  вольтметрда  $5$  В ли кучланиш ҳосил қилинади.
3. Зонд ёрдамида  $B$  электрод атрофида потенциали  $5$  В га тенг бўлган нуқталар кидирилади. (Топилган нуқталар орасидаги масофа  $1$  см дан ортмаслиги керак). Контакт эгаллаган  $B$  нуқта билан  $C$  зонд кўрсатган нуқталарнинг потенциаллари тенг бўлганлиги сабабли шу нуқталарда гальванометрнинг кўрсатиши нолга мос келади, яъни гальванометрдан ўтаётган ток нолга тенг бўлади ( $I_G = 0$ ). Қайд қилинган нуқталарнинг  $X$ ,  $Y$  ўқларига нисбатан координата қийматлари ёзиб олинади. Бу нуқталарни ихтиёрий масштабда

миллиметрли қоғозга тушириб, сўнг уларни бир-бири билан туташтирилса потенциал қиймати 5В га тенг бўлган эквипотенциал сирт чизиги ҳосил бўлади.

4. **Б** контактни силжитиб вольтметрда 3 В, сўнг 2 В кучланиш ҳосил қилинади. **С** зондни силжитиб бу кучланишларга мос келувчи эквипотенциал сиртларнинг чизиқлари аниқланади, яъни 2 ва 3 бандларда бажарилган ишлар такрорланади.
5. **В** электрод ўрнига бошқа шаклдаги электрод ўрнатилиб тажриба (1,2,3,4 пунктлар) такрорланади. Топилган ҳар бир эквипотенциал чизик нуқталарининг координатлари қуйидаги жадвалга ёзилади.
6. Потенциалнинг камайишига қараб майдон кучланганлигининг йўналиши, ҳамда (14) формула асосида кучланганлик қиймати аниқланади.

1-жадвал

| Электроднинг шакли | 1-чорак |   | 2-чорак |   | 3-чорак |    | 4-чорак |    |
|--------------------|---------|---|---------|---|---------|----|---------|----|
|                    | х       | у | -х      | у | -х      | -у | х       | -у |
| 1                  |         |   |         |   |         |    |         |    |
| 2                  |         |   |         |   |         |    |         |    |
| 3                  |         |   |         |   |         |    |         |    |

#### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Электр майдонни характерловчи физик катталикларни айтинг ва уларнинг ўлчамини кўрсатинг.
2. Нуқтавий зарядлар учун кучланганлик ва потенциал ифодасини ёзинг.
3. Электр майдон кучланганлиги ва потенциали ўзаро қандай боғланган.
4. Куч чизиқлари ҳамда эквипотенциал чизиқлар мазмунини тушунтиринг.
5. Электросатик майдон куч чизиқларининг эквипотенциал сиртларга перпендикуляр эканлигининг сабаби нимада.
6. Эквипотенциал чизиқлар электродларнинг шаклига боғлиқ бўладими, агар боғлиқ бўлса унинг сабабини тушунтиринг.
7. Потенциал майдон деганда нимани тушунаси?

#### АДАБИЁТ

1. Назаров Ў.Қ. «Умумий физика курси» 2-қисм (Электр ва электромагнетизм) Тошкент, «Ўзбекистон», 2002 йил.
2. Сафаров А.С. «Умумий физика курси» (Электромагнетизм ва тўлқинлар), Тошкент, «Ўқитувчи», 1992 йил.
3. М.Исмоилов, П.Хабибуллаев, М.Халиулин «Физика курси» «Ўзбекистон», Тошкент, 2000 йил.
4. Ҳайдарова М.Ш., Назаров Ў.Қ. «Физикадан лаборатория ишлари», Тошкент, «Ўқитувчи» 1989 йил.
5. В.И. Козлов. Общий физический практикум. Электричество и магнетизм Москва, 1987 г.

## 2 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### КОНДЕНСАТОР СИҒИМИНИ УИТСОН КЎПРИГИ ЁРДАМИДА ЎЛЧАШ

**Ишдан мақсад:** Конденсаторлар билан танишиш ва уларнинг электр сиғим катталигини ўлчаш.

**Керакли асбоб ва буюмлар:** реохорд, телефон ёки осциллограф, сиғимлар магазини, номаълум сиғимли иккита конденсатор, калит, ўзгарувчан ток манбаи.

#### НАЗАРИЙ ҚИСМ

Бошқа ўтказгич ва зарядлардан чексиз ўзоқда жойлашган, яъни яккаланган бир ўтказгичга  $q$  заряд берилса, унда қиймати шу заряд миқдорига пропорционал бўлган потенциал юзага келади.

Турли ўлчамга ҳамда турли шаклга эга бўлган ўтказгичлар бир хил миқдордаги электр заряд билан зарядланса, уларнинг потенциаллари турлича бўлади.

Ўтказгичга берилган заряд билан шу ўтказгичда юзага келадиган потенциал орасидаги боғланиш қизиқли хусусиятига эга бўлиб, қуйидагича ифодаланади:

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

Бу ерда  $C$ -пропорционаллик коэффиценти бўлиб, уни шу ўтказгичнинг электр сиғими дейилади,

$$(1) \text{ ифодани} \quad C = \frac{q}{\varphi} \quad (2)$$

кўринишда ёзамиз. Бу ифодага кўра, берилган ўтказгичнинг электр сиғими деб, шу ўтказгич потенциалини бир бирликка орттириш учун лозим бўлган заряд миқдорига тенг бўлган физик катталикка айтилади.

Ҳалқаро бирликлар системаси (СИ) да электр сиғим бирлиги қилиб **фарада (Ф)** олинган. Яккаланган ўтказгичга  $1 \text{ Кл}$  заряд берилганда унинг потенциаллари  $1 \text{ В}$  га ортса, шу ўтказгичнинг электр сиғими  $1 \text{ Фарада}$  га тенг бўлади, яъни  $1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл} / 1 \text{ В}$ .

Миқдоран  $1 \text{ Фарада}$  га тенг сиғим ниҳоятда каттадир, шу сабабли амалда фараданинг жуда кичик бўлаклари:  $1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$  (микрофарада),  $1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$  (нанофарада),  $1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$  (пикофарада) қўлланилади.

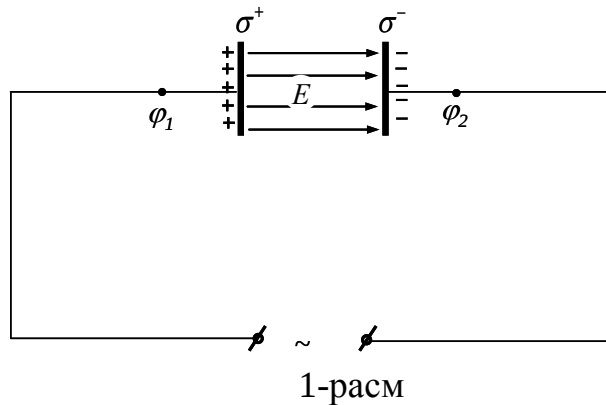
Амалий ишларда ўлчами кичик бўлса ҳам кўпроқ зарядни ўзида тўплай оладиган, яъни катта сиғимга эга бўла оладиган ўтказгичлар системасидан фойдаланишга тўғри келади. Бундай ўтказгичлар системаси **конденсатор** деб аталади. Масалан, бир-биридан диэлектрик муҳит билан ажратилган сирт юзлари тенг иккита ва ундан ортиқ ясси пластинкалардан иборат системага **ясси конденсатор** дейилади. Диэлектрик муҳит билан ажратилган иккита қўшни пластинка карама-қарши зарядланган бўлади.

Икки пластинкадан иборат ясси конденсаторнинг электр сиғими ҳар бир пластинкадаги заряднинг шу пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси (кучланиш) га нисбатига тенгдир:

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

Пластинкалар одатда қоплама деб аталади. Шунга кўра, шундай таъриф бериш мумкин: конденсаторнинг электр сиғими унинг қопламалари орасидаги потенциаллар айирмасини бир бирликка орттириш учун зарур бўлган заряд миқдори билан ўлчанувчи катталиқдир.

Қопламалари орасидаги масофа  $d$ , қопламалар юзи  $S$  ва қопламалар орасига қўйилган модданинг диэлектрик сингдирувчанлиги  $\varepsilon$  бўлган ясси конденсаторнинг электр сиғими юқоридаги катталиқлар орқали қандай ифодаланишини кўриб чиқайлик (1-расм).



Қопламалар орасидаги потенциаллар айирмаси  $\varphi_1 - \varphi_2$ ,  $U$ -кучланиш,  $E$ -кучланганлик,  $d$ -масофа ўзаро қуйидагича боғланган:

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

Ўз навбатида  $q$  заряд билан зарядланган икки пластинка орасидаги майдон кучланганлиги

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

кўринишда бўлади. Бу ерда  $\sigma$  - қопламадаги заряднинг сирт зичлиги  $\sigma = \frac{q}{S}$ . (4) ифодадаги майдон кучланганлиги ўрнига (5) ни қўйсак потенциаллар айирмаси учун қуйидаги тенгликни оламиз:

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

Бу ифодани (2) тенглик билан таққосласак, изланаётган ясси конденсатор сиғими қуйидаги формула орқали ифодаланишини топиш мумкин:

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

Бундан конденсаторнинг электр сиғимини орттириш учун қопламалар юзасини катталаштириш ёки улар орасидаги масофани кичиклаштириш зарур экан, деган хулосага келиш мумкин. Аммо бу усул билан лозим бўлган сиғимни ҳосил қилиш ноқулайдир. Бунинг ўрнига бир неча конденсаторни бир-бирига махсус усулларда улаб лозим бўлган сиғимни ҳосил қилиш мумкин.

Бу улаш усуллариининг икки тури: 1) *кетма-кет улаш*: 2) *параллел улаш* орқали натижавий сиғимларни ҳосил қилиш билан танишайлик.

### 1. Конденсаторларни кетма-кет улаш

Кетма-кет улашда (2-расм) конденсаторларнинг барча пластинкаларидаги заряд миқдори бир хил бўлади, яъни  $q_1 = q_2 = q_3 = \text{const.}$  Қопламалр орасидаги потенциаллар айирмаси ҳар хил бўлади. Бунда  $\varphi_3 - \varphi_1 = (\varphi_3 - \varphi_2) + (\varphi_2 - \varphi_1)$

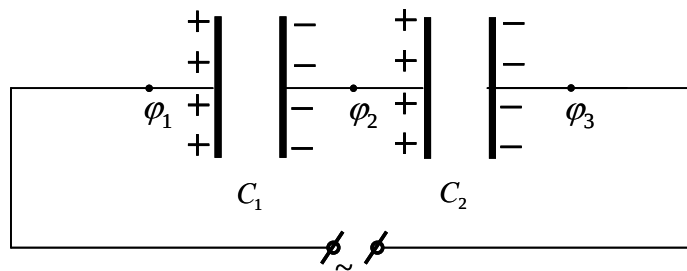
$U = \varphi_3 - \varphi_1$ ,  $U_1 = \varphi_2 - \varphi_1$ ,  $U_2 = \varphi_3 - \varphi_2$  десак

$$U = U_1 + U_2 \quad (8)$$

ифодага эга бўламиз.  $U = \frac{q}{C}$ ;  $U_1 = \frac{q}{C_1}$ ;  $U_2 = \frac{q}{C_2}$ . Демак,  $\frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2}$ ,  $q$ -зарядларни

қисқартирсак  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$  (9) ифода келиб чиқади.

Демак, конденсаторлар кетма-кет уланса, умумий сиғим кичиклашади. Кетма-кет улаш схемаси 2-расмда келтирилган.



2-расм

### 2. Конденсаторларни параллел улаш

Параллел уланган конденсаторлар қопламасидаги потенциаллар айирмаси барча конденсаторлар учун бир хил бўлиб,  $\varphi_1 - \varphi_2$  га ( $\Delta\varphi$  га) тенг. Агар конденсаторлар сиғими  $C_1, C_2, C_3$  ва ҳоказо бўлса, бу ҳолда ҳар бир конденсатордаги зарядни

$$\begin{aligned} q_1 &= C_1(\varphi_1 - \varphi_2) \\ q_2 &= C_2(\varphi_1 - \varphi_2) \end{aligned} \quad (10)$$

$$-----$$

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

ифодалар билан аниқлаш мумкин. Барча конденсаторларнинг умумий заряди

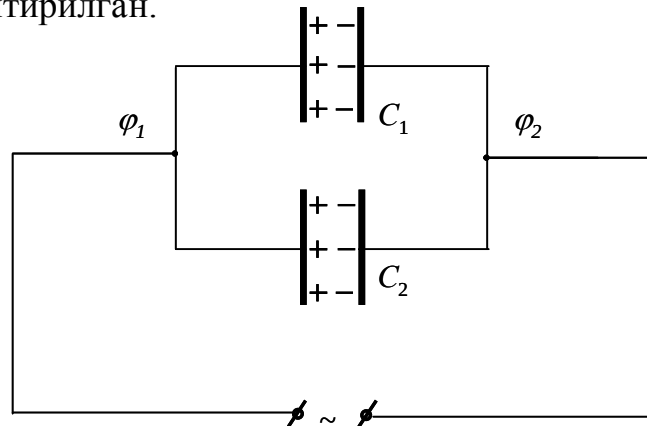
$$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots \quad (11)$$

(10) ва (11) ифодаларни биргаликда ишлаб чиқсак  $C(\varphi_1 - \varphi_2) = C_1(\varphi_1 - \varphi_2) + C_2(\varphi_1 - \varphi_2) + \dots$  ва умумий сиғими

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

бўлади.

Бундан кўринадики, умумий сиғим уланган конденсаторлар сиғимлари қийматларининг йиғиндисига тенг бўлар экан. Конденсаторларни параллел улаш схемаси 3-расмда келтирилган.



3-расм

Бу ишда конденсаторларнинг сиғимлари Уистон кўприги ёрдамида аниқланади. Маълумки, конденсатор қопламлари орасида бўш ёки диэлектрик қатлам бўлганлиги сабабли ўзгармас ток конденсатордан ўтмайди. Шу сабабли, ишни бажаришда ўзгарувчан токдан фойдаланилади. Агар конденсаторнинг қопламлари ўзгарувчан ток манбаига уланса, у ҳолда конденсатор қопламлари даврий равишда зарядланиб, зарядсизланиб туради. Шу сабабли конденсаторни ўзгарувчан ток йўлидаги ўтказгич деб ҳисоблаш мумкин.

Кузатилаётган занжир синуслар қонуни бўйича ўзгарувчан электр юритувчи кучи (ЭЮК) бўлган ток манбаига уланган бўлса

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

бу ерда  $\varepsilon$  - ЭЮК нинг ихтиёрий  $t$  моментдаги қиймати,  $\varepsilon_0$  - ЭЮК нинг максимал (амплитудавий) қиймати,  $\omega$  - доиравий частота,  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ . Конденсатор қопламасидаги заряд миқдорини сиғим формуласига кўра қуйидагича аниқлаш мумкин:

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

Демак, қопламадаги заряд ҳам синуслар қоидаси бўйича ўзгаради. (14) ифодани вақт бўйича дифференциаллаш ва бунда заряднинг вақт бўйича ўзгариши ток кучига тенг эканлигини эътиборга оламиз:

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

Бундан кўриниб турибдики, ток кучи ҳам даврий равишда ўзгарар экан. Унинг қиймати максимал ( $\cos \omega t = 1$ ) бўлганда:

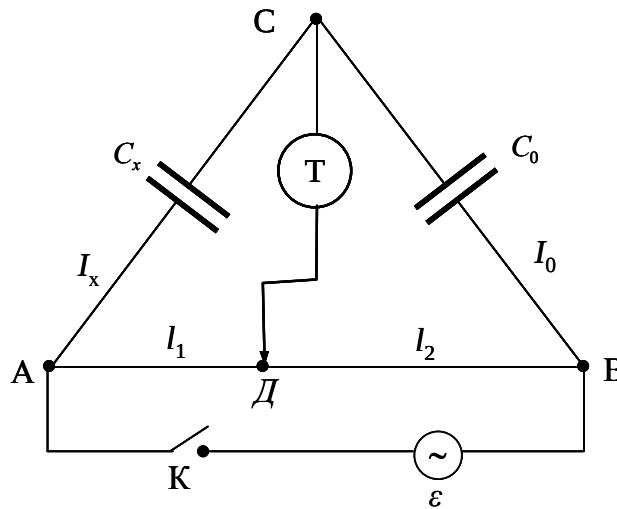
$$I_0 = C\omega\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_0}{\frac{1}{\omega C}} \quad (16)$$

кўринишга эга бўлади. (16) ифодани Ом қонуни формуласига ( $I = \frac{\varepsilon}{R}$ ) билан таққосласак,  $\frac{1}{\omega C}$  катталиқ қаршилиқ вазифасини ўташини билишимиз мумкин, уни  $R_c$  деб белгилаб

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

ифодани ёзишимиз мумкин.  $R_c$  - конденсаторнинг сиғимий қаршилиги дейилади.

Конденсаторнинг сиғимини ўлчаш учун қўлланиладиган электр занжир схемаси яъни Уитсон кўприги 4-расмда тасвирланган.



4-расм

Бу схемада  $\varepsilon$  ўзгарувчан ЭЮК манбаи,  $C_0$  -сиғими маълум бўлган конденсатор,  $C_x$  -сиғими ўлчаниши лозим бўлган конденсатор,  $K$  - калит, занжирнинг  $CD$  қисмидаги телефон (Т) кўприк вазифасини ўтайди. Занжирнинг  $A$  ва  $B$  нукталари реохордга уланган. Телефонга уланган симнинг  $D$  учи реохорд бўйлаб ҳаракатга келтирилиб телефонда ток ўтиши тўхтаган ҳолат топилади.

Бу телефонда товуш бўлмаслигига кўра аниқланади. Бу ҳолатни кўприкнинг мувозанат ҳолати дейилади, бунда  $C$  ва  $D$  нукталардаги потенциаллар тенглашган бўлади. Реохорд симнинг  $D$  нуктага нисбатан чап ва ўнг қисмлари узунлиги мос равишда  $l_1$  ва  $l_2$  деб белгиланади ва улар реохорд елкалари деб аталади. Кўприкнинг мувозанат ҳолати ( $I_g = 0$ ) да 4-расмдаги электр занжирига нисбатан қуйидаги айниётларни ёзиш мумкин:

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

Шунингдек,  $C$  ва  $D$  нукталарда потенциаллар қийматларининг тенглиги ( $\varphi_c = \varphi_D$ ) дан АСДА контур учун

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

ёки

$$I_0 R_{C_0} = I_1 R_1 \quad (20)$$

Шунингдек, СВДС контур учун  $I_0 R_{C_0} = I_2 R_2$  (21)

ни ёзиш мумкин. (20) ва (21) тенгликларнинг чап ва ўнг томонларининг нисбатини оламиз, ҳамда ток кучлари учун (18) ифодалардан фойдаланиб номаълум қаршилиқ учун

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

тенгламага келиш мумкин. Бу ерда  $R_{C_x} = \frac{1}{\omega C_x}$ ,  $R_0 = \frac{1}{\omega C_0}$  бундан

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

ифода келиб чиқади.

Бу ифода номаълум сиғим  $C_x$  ни  $\ell_1$ ,  $\ell_2$  ва маълум  $C_0$  нинг қийматлари орқали топишга имкон беради.

### *Ишни бажариши тартиби*

1. 4-расм бўйича электр занжири йиғилади. Занжирга сиғими номаълум бўлган  $C_{x_1}$  конденсатор уланади.
2. Д контактни реохорднинг ўртасига қўйилади. Сиғимлар магазинидан шундай  $C_1$  сиғим танлаб олинадики, бунда телефоннинг товуши энг паст (осциллографдаги сигнал минимал) бўлсин. Сўнгра Д контактни реохорд бўйлаб суриб телефондаги товуш (осциллографдаги сигнал) нинг ўзгариши қайд қилиб борилади. Телефонда товуш йўқолиши (осциллографдаги сигнал 0 га тенг бўлиши) билан контактни суриш тўхтатилади. Шу нуқтага нисбатан реохорднинг елкалари узунликлари  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  жадвалга ёзиб олинади. Бу тажрибани 3 марта такрорлаш лозим.
3. Сиғими номаълум биринчи конденсатор ўрнига иккинчи номаълум сиғимли  $C_{x_2}$  конденсатор уланади. Бу конденсатор учун ҳам 2-бандда бажарилган ишлар такрорланади.
4.  $C_{x_1}$  ва  $C_{x_2}$  конденсаторлар кетма-кет уланади ва яна 2-бандда бажарилган ишлар такрорланади. Сўнгра бу икки номаълум сиғимли конденсатор параллел уланиб тажриба яна 3 марта такрорланади.
5. Тажрибада топилган  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  ҳамда  $C_0$  қийматларни (23) формулага қўйиб ҳар бир конденсаторнинг сиғими ҳисоблаб топилади. Шунингдек, конденсаторларнинг кетма-кет ва параллел улангандаги натижавий сиғимлари ҳам ҳисобланади. Сўнгра, икки номаълум конденсаторни кетма-кет ва параллел улашда олинган натижавий сиғим (9) ва (12) назарий формулалар бўйича ҳисобланиб, тажрибада олинган натижалар билан таққосланади.

Тажриба ва ҳисоблаш маълумотлари қуйидаги жадвалга ёзиб борилади

| Конденсаторлар                              | № | $C_0$ (ф) | $\ell_1$ (м) | $\ell_2$ (м) | $C_x$ (ф) | $< C_x >$ |
|---------------------------------------------|---|-----------|--------------|--------------|-----------|-----------|
| $C_{x_1}$ -конденсатор                      | 1 |           |              |              |           |           |
|                                             | 2 |           |              |              |           |           |
| $C_{x_2}$ -конденсатор                      | 1 |           |              |              |           |           |
|                                             | 2 |           |              |              |           |           |
| $C_{x_1}$ ва $C_{x_2}$<br>кетма-кет уланган | 1 |           |              |              |           |           |
|                                             | 2 |           |              |              |           |           |
| $C_{x_1}$ ва $C_{x_2}$<br>параллел уланган  | 1 |           |              |              |           |           |
|                                             | 2 |           |              |              |           |           |

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Электр сиғими деб қандай физик катталикка айтилади ва у қандай бирликларда ўлчанади?
2. Конденсатор қандай асбоб, унинг вазифаси нимадан иборат?
3. Конденсаторларни кетма-кет ва параллел уланганда натижавий сиғим қандай формулаларга кўра топилади?
4. Конденсаторнинг ўзгарувчан токка нисбатан қаршилиги (сиғимий қаршилик) қандай аникланади?
5. Ясси конденсаторнинг сиғимини аниқлаш формуласини келтириб чиқаринг.
6. Нима учун сиғимни ўлчашда ўзгарувчан токдан фойдаланилади?
7. Конденсаторнинг номаълум сиғимини кўприк усулда аниқлаш формуласини келтириб чиқаринг.

### АДАБИЁТ

1. Назаров Ў.Қ. «Умумий физика курси» 2-қисм (Электр ва электромагнетизм) Тошкент, «Ўзбекистон», 2002 йил.
2. Сафаров А.С. «Умумий физика курси» (Электромагнетизм ва тўлқинлар), Тошкент, «Ўқитувчи», 1992 йил.
3. М.Исмоилов, П.Хабибуллаев, М.Халиулин «Физика курси» «Ўзбекистон», Тошкент, 2000 йил.
4. Ҳайдарова М.Ш., Назаров Ў.Қ. «Физикадан лаборатория ишлари», Тошкент, «Ўқитувчи» 1989 йил.
5. В.И. Козлов. Общий физический практикум. Электричество и магнетизм Москва, 1987 г.

### 3-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

#### ГАЛЬВАНИК ЭЛЕМЕНТЛАРНИНГ ЭЛЕКТР ЮРИТУВЧИ КУЧНИИ КОМПЕНСАЦИЯ УСУЛИ БИЛАН ЎЛЧАШ.

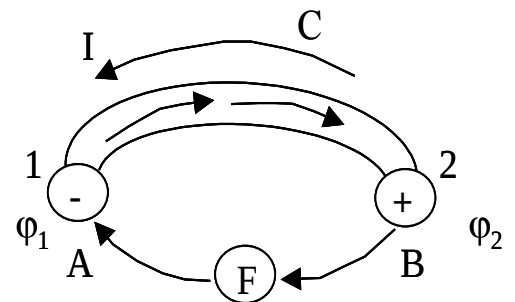
**Ишдан мақсад:** гальваник элемент тушунчаси билан танишиш ва уларда ҳосил бўладиган электр юритувчи куч қийматини аниқлаш.

**Керакли асбоб ва буюмлар:** реохорд, ўзгармас ток манбаи, гальванометр, нормал (ЭЮК маълум бўлган иккита ток элементи, қайта улагич (переключатель) катта қаршиликли ўтказгич.

#### НАЗАРИЙ ҚИСМ

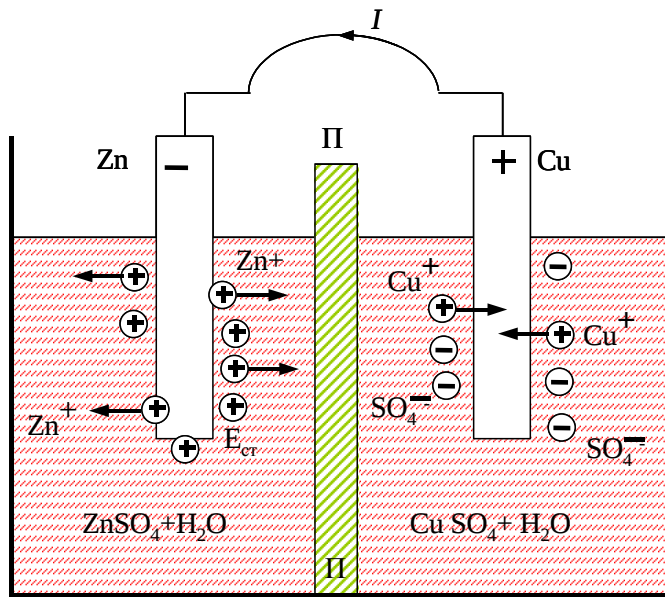
Иккита турли ишорали зарядлар билан зарядланган метал шар ёки пластинка олайлик ва уларни ўтказгич билан бирлаштирайлик (1-расм). Биринчи А шар  $\phi_1$  потенциалгача, иккинчи В шар  $\phi_2$  потенциалгача зарядланган бўлсин. Уларни контактга келтирувчи учинчи ўтказгични С деб белгилаймиз. Майдон таъсирида АСВ йўналишда электронларнинг кўчиши юзага келади, ёки бу ўтказгич бўйлаб ВСА йўналишда электр токи ҳосил бўлиши демакдир. Токнинг ўтиши билан потенциаллар қиймати тенглаша боради. Улар тенглашгач ток ўтиши тўхтади.

Занжирда ўзгармас ток мавжуд бўлиши учун турли ишорали зарядлар қайтадан ажратилиб, улар аввал ўзлари жойлашган ўринларига, яъни мусбат ишорали зарядлар В шарчага манфий ишорали зарядлар А шарчага қайтишлари керак. Демак, занжирда потенциалнинг ортиши йўналишида ҳаракатга келтирувчи ташқи кучлар мавжуд бўлиб, уларда электронларни махсус электростатик хусусиятга эга бўлмаган табиатга



1 - расм

эга. Ташқи кучларнинг табиати турлича бўлиши мумкин. Масалан, гальваник элементларда бу кучлар электродлар ва электролит ўртасида вужудга келадиган кимёвий реакциялар энергияси ҳисобига ҳосил бўлади. Ўзгармас ток генераторларида эса магнит майдонига қўйилган якорнинг айланма ҳаракатининг кинетик энергияси ҳисобига ҳосил бўлади. Мисол тариқасида Вольтанинг гальваник элементи ишлашида содир бўладиган жараёнларни муфассалроқ кўриб ўтайлик. Сульфат кислота эритмасига рух электроди туширилади. Сульфат кислота эритмаси билан реакцияга киришиш натижасида рух электроди мусбат ионларини эритмага бериб, ўзи манфий зарядланиб қолади. Натижада рух электроди билан эритма орасида потенциаллар айирмаси вужудга келади. Сўнгра шу эритмага сульфат кислотада кам эрийдиган иккинчи мис электродини туширилади. Мис электроди ўзида мавжуд бўлган манфий электронларни мусбат ишорали эритмага бериб ўзи ортиқча мусбат ишорали зарядга эга бўлади (2-расм).



2-расм

Рух электродида манфий заряд тўпланганлигини эсласак, эритмада икки хил зарядли иккита электрод мавжуд эканлигига ишонч ҳосил қиламиз. Бу ҳолда рух электрод билан мис электрод орасида тахминан 1,1 В га тенг потенциаллар айирмаси вужудга келар экан. Бу электродларни ўзаро металл сим билан уланса потенциаллар фарқи туфайли электр токи ҳосил бўлади.

Элементнинг ташқи занжирга уланадиган қисқичи бунинг қутби дейилади. Мусбат потенциалли қутб мусбат қутб, иккинчи манфий потенциалли қутб эса манфий қутб деб аталади. Шундай қилиб, электр зарядлари ташқи кучлар ҳосил қилган майдон ҳисобига ток манбаи ичида ташқи занжир қутбалрида (учларида) потенциаллар айирмасини сақлаб туради. Бу эса, ўзгармас ток оқишини юзага келтиради. Ташқи кучлар зарядларни кўчираётган экан, табиийки, улар иш бажаради. Ташқи кучлар майдонининг кучланганлиги  $E^*$  деб белгиланса, бу кучлар майдоннинг  $d\ell$  қисмида бажарган иши заряд кўчиришга сарфланиб, унинг ифодаси

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

кўринишда бўлади. Агар заряд берк контур (занжир) бўйлаб кўчирилса, умумий бажарилган иш қуйидагича аниқланади:

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

(2) ифоданинг ҳар икки томонини кўчириладиётган заряд микдори  $q$  га бўламиз.

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

Бу ерда

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

ифода билан аниқланувчи катталик манбанинг электр юритувчи кучи (ЭЮК) дейилади. Демак (3) ифодани

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

кўринишда ёзиш мумкин. Агар заряд занжирнинг бир нуқтасидан иккинчи нуқтасига кўчирилатган бўлса, ЭЮК ифодаси куйидагича ёзилади:

$$\varepsilon_{1,2} = \int_1^2 E^* dl \quad (4)$$

Демак, ташқи кучларнинг бирлик мусбат зарядни берк занжир бўйича ёки занжирнинг бирор қисми бўйича кўчиришда бажарган ишига, тенг бўлган катталик берк занжирдаги ёки унинг бирор қисмидаги электр юритувчи кучи дейилади. Электр юритувчи куч (ЭЮК) нинг ўлчов бирлиги (5) ифодасига кўра вольтдир (В). q-зарядга ташқи кучлардан ташқари электростатик майдон кучлари ҳам таъсир қилаётган бўлсин. У ҳолда занжирнинг 1-2 қисми (2-расм) да натижавий кучлар томонидан зарядни кўчиришда бажарилган иш қиймати куйидагича аниқланади.

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

Электростатик майдон учун потенциаллар айирмаси формуласи

$$(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{A_{1,2}}{q} \text{ ни қўлласак } A_{1,2} = q\varepsilon_{1,2} + q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (7)$$

ифодага келамиз. Бу ифода ёрдамида бир муҳим катталик кучланиш-тушунчасини киритамиз. Занжирнинг 1-2 қисмидаги кучланиш деб шу қисмда электростатик ва ташқи кучлар томонидан бирлик мусбат зарядни кўчиришда бажарилган иш миқдорига тенг физик катталикка айтилади. Демак, (7) ифодага асосан

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

Ушбу лаборатория ишини бажаришдан мақсад компенсация усули ёрдамида ток манбаларининг электр юритувчи кучини аниқлашдир. Одатада кучланиш ёки потенциаллар айирмаси вольтметр ёрдамида ўлчанади. Ток манбаининг ЭЮК ни ҳам вольтметр ёрдамида тез ва осон улчаш мумкиндек туюлади. Аммо, бу ҳолда вольтметр билан занжирнинг ташқи қисмидаги кучланиш ўлчанади. Демак, ўлчанган кучланиш қиймати манба ЭЮК дан  $I_r$  га қадар кичик бўлади, яъни

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

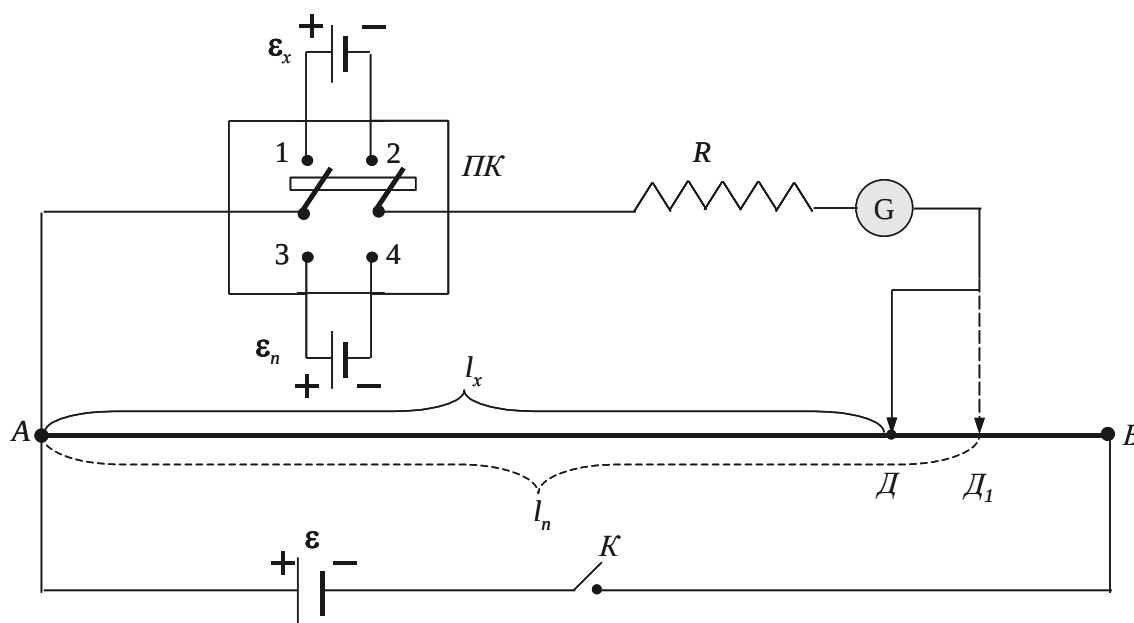
Вольтметрнинг қаршилиги ток манбаининг ички  $r$  қаршилигидан жуда катта ( $R \gg r$ ) бўлганлиги сабабли  $I_r$  катталикни ҳисобга олмаслик мумкин. Бу ҳолда вольтметрнинг кўрсатишини тахминан ЭЮК га тенг ( $U = \varepsilon$ ) дейиш мумкин. Демак, манбаининг ЭЮК ни вольтметр ёрдамида маълум даражада хатолик билан яъни тақрибан ўлчаш мумкин экан.

Шу сабабли, ток манбаларининг ЭЮК ни жуда аниқлик билан ўлчаш учун компенсация усулидан фойдаланилади. Бу усулга кўра ЭЮК маълум бўлган нормал элемент ( $\varepsilon_n$ ) ва ўлчаниши лозим бўлган номаълум элемент ( $\varepsilon_x$ ) лар ЭЮК каттарок бўлган асосий ток манбаига навбатма-навбат уланади. Бунда қиймати маълум бўлган нормал элементнинг ЭЮК асосий ток манбаининг қанча қисмини ташкил қилиши аниқланади. Сўнгра ЭЮК номаълум элемент асосий ток манбаи билан

таққосланади ва у асосий манба ЭЮК нинг қанча қисмини ташкил қилиши аниқланади.

Нормал, яъни ЭЮК маълум бўлган элемент билан ўлчаниши лозим бўлган номаълум ЭЮКли элементлар ўзаро таққосланади. Ўзаро таққосланиш натижасига кўра номаълум элементнинг ЭЮК аниқланади. Компенсация усулидан фойдаланишни куйидаги схема ёрдамида ўрганилади. (3-расм)

Бу ерда  $\varepsilon_x$  ЭЮК номаълум бўлган элемент,  $\varepsilon_n$ -нормал, яъни қиймати аниқ эталон элемент,  $\varepsilon$  асосий ток манбаи, G-гальванометр, K-калит, ПК- қайта улагич (переключатель), АВ-реохорд. Бу усулнинг асосий хусусияти шундан иборатки, умумий ток манбаи ва ЭЮК аниқланиши лозим бўлган элементларнинг бир хил ишорали кутблари ўзаро уланади. Қайта улагич 1-2 ҳолатда турган бўлса, электр занжирга ЭЮК аниқланиши лозим бўлган (номаълум) элемент уланган бўлади. АВ реохорд бўйлаб Д контакт силжитилиб, гальванометрдан ўтаётган ток кучининг қиймати нолга тенг бўлишига эришилади ( $I_g = 0$ ).



3-расм

Гальванометрдан ўтаётган ток кучининг қиймати нолга тенг бўлганда реохорднинг АД қисмидаги кучланиш  $U_{AD}$  номаълум элемент нинг ЭЮК га тенг бўлади, яъни  $\varepsilon_x = U_{AD}$

Гальванометрда ток кучи мавжуд ( $I_g \neq 0$ ) бўлса, берк контур учун Кирхгофнинг иккинчи қондасини

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

кўринишда ёзиш мумкин, бу ерда  $r_x$ ,  $\varepsilon_x$  элементнинг ички қаршилиги,  $r_G$  гальванометрнинг ички қаршилиги,  $R_{AD}$  реохорд сими АД қисмининг қаршилиги гальванометрдан ўтаётган ток нолга тенг бўлган ( $I_G=0$ ) ҳолда  $I_1 = I_0$ , бундан

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

ифодага эга бўламиз. Шу шартга мос келувчи реохорднинг АД қисми узунлиги  $\ell_1$  нинг қиймати қайд қилинади.

Шундан сўнг, занжирга ЭЮК маълум бўлган (нормал) элемент уланади. Бунинг учун қайта улагич (переключатель) 3-4 ҳолатга ўтказилади. Юқорида қилинган тажриба яна такрорланади, яъни Д контактни АВ реохорд устида силжитиб, гальванометрдан ўтаётган ток кучи қиймати нолга тенг ( $I_g = 0$ ) бўлган ҳолат ёки шунга мос бўлган С бошка Д га ўхшаш нукта топилади. Умумий ҳол учун Кирхгофнинг иккинчи қонунини

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

кўринишда ёзиш мумкин.  $I_G=0$  ҳол учун  $I=I_1$  бўлади ва (12) ифода

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

кўринишга келади. Шу шартга мос келувчи АС елканнинг узунлиги қайд қилинади. (11) ифодани (13) га бўлсак

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

формулага эга бўламиз. Қаршилик учун  $R = \rho \frac{l}{S}$  ифодасидан, яъни реохорд сими бир жинисли ҳамда кўндаланг кесими ўзгармас бўлса,  $\rho$  ва  $S$  иккала қаршиликда ўзаро тенг бўлади.

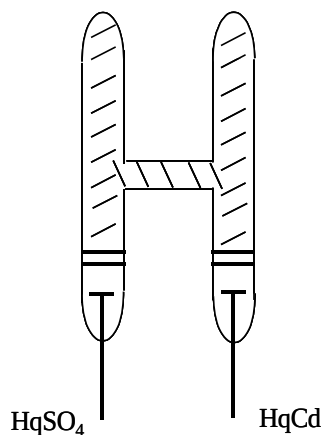
Қаршилик қиймати сим узунлигига тўғри пропорционал ( $R \sim \ell$ ) деб ҳисоблаш мумкин. Бу ҳолда қаршиликни реохорд сими узунлиги билан алмаштирамиз ва (14) ифода

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

кўринишга келади. Бу формула ёрдамида номаълум элементнинг электр юритувчи кучи ҳисоблаб топилади. Худди шу усул билан иккинчи номаълум элементнинг ЭЮК ҳам аниқланади.

Электр юритувчи кучига эга бўлган манба эталони сифатида кумуш-кадимийли Вестон элементи номли нормал элемент қўлланилади. Вестон элементи Н-шаклидаги шиша идишдан иборат (4-расм) бўлиб, унинг пастки қисмига металл пластинка-электрод ўрнатилган. Нормал элементнинг мусбат кутби симоб бўлиб, манфий кутби кадмий амальгамасидан иборат. Электролит вазифасини  $\text{CdSO}_4$  нинг тўйинган эритмаси, кутбсизлагич (деполяризатор) вазифасини  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритма бажаради.

Нормал элементнинг муҳим хусусияти шундан иборатки, унинг электр юритувчи кучи ташқи муҳит ҳаракатининг ўзгаришига деярлик боғлиқ эмас.  $20^\circ \text{C}$  да манбанинг ЭЮКга тенгдир. Вестон элементида  $0,1 \text{ mA}$  гача ток олиш мумкин. Шунинг учун бу элемент кучланиш эталони сифатида ишлатилади.



4-расм.

*Ишни бажариш тартиби*

1. Схема 3-расмда кўрсатилган электр занжири йиғилади.
2. Ишни бажаришда олинган натижаларни қайд қилиш учун 1 ва 2 жадваллар чизилади.

1-Жадвал

| $E_0$   | Реохорддан олинган елкалар узунлиги |           |            |                           |                          |
|---------|-------------------------------------|-----------|------------|---------------------------|--------------------------|
| 1,018 В | $\ell_n$                            | $\ell'_x$ | $\ell''_x$ | $\ell_{\text{кетма-кет}}$ | $\ell_{\text{параллел}}$ |
| 1       |                                     |           |            |                           |                          |
| 2       |                                     |           |            |                           |                          |
| 3       |                                     |           |            |                           |                          |

2-Жадвал

|   | 1-элемент       | 2-элемент       | $\varepsilon_1 \text{ ва } \varepsilon_2$ кетма-кет уланади | $\varepsilon_1 \text{ ва } \varepsilon_2$ параллел уланади |  |
|---|-----------------|-----------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--|
|   | $\varepsilon_1$ | $\varepsilon_2$ | $\varepsilon_{\text{кетма-кет}}$                            | $\varepsilon_{\text{параллел}}$                            |  |
| 1 |                 |                 |                                                             |                                                            |  |
| 2 |                 |                 |                                                             |                                                            |  |
| 3 |                 |                 |                                                             |                                                            |  |

3. П-қайта улагич ричагини 1-2 клемалларга суриб занжирга ЭЮК номаълум бўлган элемент уланади.
4. Калитни улаб, қўзғалувчан Д контактни реохорд бўйлаб суриб шундай нукта топиладики, G-гальванометрдан ток ўтмасин, яъни гальванометр стрелкаси нолни кўрсатсин. Бу ҳол учун реохорддаги (АД) елка узунлиги 1-жадвалга ёзиб олинади.
5. Қайта улагич ричагини 3-4 клеммаларга олиб, занжирга ЭЮК маълум

бўлган нормал элемент уланади. Яна Д контактни суриб гальванометрдаги ток кучи қиймати нолга тенг бўлишига эришилади. Бу ҳол учун ўлчанган елка қиймати 1-жадвалга ёзилади.

6. 3 ва 4 пунктларда кўрстаилган тажрибалар уч-тўрт марта такрорланиб, улардан олинган елка қийматларининг ўртачаси, яъни  $\ell_x$  ва  $\ell_n$  ҳисобланади. Ҳисобланган катталиклар орқали (15) формуладан изланаётган манбанинг ЭЮК аниқланади ва олинган натижа 2-жадвалга ёзилади.
7.  $\varepsilon$  элемент ўрнига иккинчи номаълум ЭЮКли элемент занжирга уланади. Юқорида кўрсатилган усул билан унинг ҳам ЭЮК аниқланади.
8.  $\varepsilon_1$  ва  $\varepsilon_2$  элементларни аввал кетма-кет сўнгга параллел улаб ҳосил бўлган батареяларнинг ЭЮК юқоридаги каби аниқланади.

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Элементнинг электр юритувчи кучи деб нимага айтилади.
2. Ташқи куч деганда қандай физик катталик тушунилади.
3. Ток манбаининг тузилишини тушунтиринг.
4. Қандай шарт бажарилганда элемент кутбларидаги потенциаллар айирмаси унинг ЭЮК га тенг бўлишини кўрсатинг.
5. Нима сабабдан вольтметр ёрдамида элементнинг ЭЮК ни аниқ ўлчаш мумкин эмас.
6. Компенсация усулининг моҳияти нимадан иборат.
7. Кирхгоф қоидаларидан фойдаланиб (15) формулани исботланг.
8. Вестон нормал элементнинг тузилишини тушунтиринг.

### АДАБИЁТ

1. Назаров Ў.Қ. «Умумий физика курси» 2-қисм (Электр ва электромагнетизм) Тошкент, «Ўзбекистон», 2002 йил.
2. Сафаров А.С. «Умумий физика курси» (Электромагнетизм ва тўлқинлар), Тошкент, «Ўқитувчи», 1992 йил.
3. М.Исмоилов, П.Хабибуллаев, М.Халиулин «Физика курси» «Ўзбекистон», Тошкент, 2000 йил.
4. Ҳайдарова М.Ш., Назаров Ў.Қ. «Физикадан лаборатория ишлари», Тошкент, «Ўқитувчи» 1989 йил.
5. В.И. Козлов. Общий физический практикум. Электричество и магнетизм Москва, 1987 г.

#### 4 – ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### ЧЎҒЛАНМА ЛАМПОЧКАНИНГ ҚАРШИЛИГИ ВА ҚУВВАТИНИ АНИҚЛАШ

**Ишдан мақсад:** Ўзгармас ток қонунлари билан танишиш ва чўғланма лампочканинг қаршилиги ҳамда қувватини тажрибада аниқлаш.

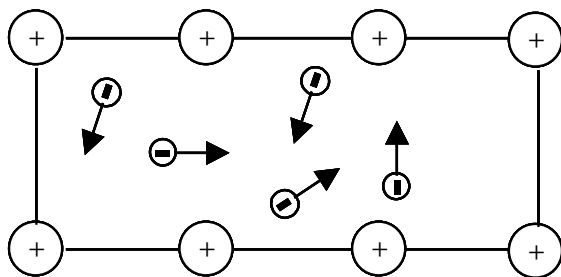
**Керакли асбоб ва буюмлар:** иккита чўғланма лампочка, амперметр, вольтметр, реостат, кучланиши 220 В бўлган ўзгарувчан ток манбаи.

#### НАЗАРИЙ ҚИСМ

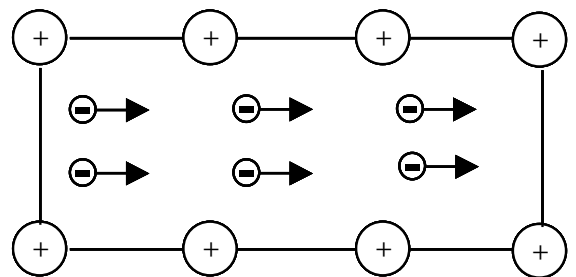
Электр зарядларининг маълум бир йўналишдаги тартибли ҳаракатига электр токи деб аталади. Металларда вужудга келадиган электр токининг табиати билан танишиб чиқайлик. Металлар кристалл панжаравий тузилишга эга бўлиб, кристалл тугунларида мусбат зарядли ионлар жойлашган. Бу мусбат зарядли ионлар ўз валент электронини йўқотган атомлардир. Валент электронлар эса ўз атоми билан заиф боғланганлиги сабабли, нисбатан паст, яъни хона ҳароратидан паст ҳароратларда ҳам атомдан ажралган ҳолда, металл ичида ихтиёрий йўналишда тартибсиз ҳаракат қиладиган "эркин" электронлардир. 1 а)-расмда ионлар ҳолати ва эркин электронлар ҳаракати маълум даражада соддалаштирилган тарзда тасвирланган. Шунини таъкидлаш лозимки, ҳар бир атомдан биттадан валент электрон ажралса, бирлик ҳажмда ( $1 \text{ см}^3$  да) эркин электронлар сони  $10^{22}$ - $10^{23}$  га тенг бўлади.

Ўтказгич, яъни металлни бир жинисли электр майдонига киритайлик. Электр майдони таъсирида электронлар маълум йўналишда тартибли ҳаракат қила бошлайдилар. Бунинг натижасида металл ичида электр токи вужудга келади.

Албатта, электронлар бунда ўзларининг дастлабки, тартибсиз ҳаракатларини ҳам сақлаб қоладилар. Шу сабабли, электронлар бирор йўналишда тартибли равишда силжийдилар дейиш мумкин. 1 б)-расмда ана шу силжиш тасвирланган.



а



б

1-расм

Одатда, электр токининг йўналиши сифатида мусбат ишорали зарядларнинг йўналиши қабул қилинади. Электр токининг миқдорий ўлчови сифатида ток кучи

ишлатилади. Ток кучи скаляр физик катталиқ бўлиб, ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан вақт бирлиги ичида ўтган электр заряди қийматига тенгдир.

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

Ҳалқаро бирликлар системаси СИ да ток кучи бирлиги қилиб Ампер (1 А) деб олинган. Шунини алоҳида таъкидлаш лозимки, Ампер асосий физик катталиқ ҳисобланади. Электр заряд бирлиги – Кулон (Кл) Ампер орқали қуйидагича аниқланади.

$$1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot \text{с}$$

Агар вақт ўтиши билан ток кучининг қиймати ҳамда йўналиши ўзгармай қолса бундай ток ўзгармас ток дейилади. Ўзгармас ток учун (1) ифода қуйидаги кўринишда ёзилади.

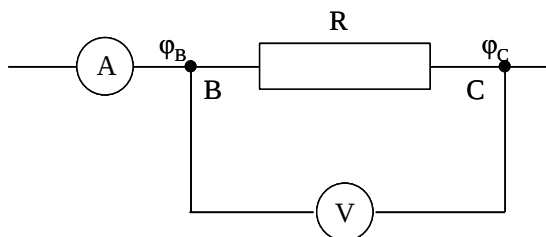
$$I = \frac{q}{t}$$

Бу ерда  $q$  - ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан  $t$  - вақт мобайнида ўтган заряд миқдори. Яна бир физик катталиқ ток зичлигидир. Ўтказгичнинг кўндаланг кесим бирлигидан шу кесимга перпендикуляр йўналишда ўтувчи ток кучи билан аниқланувчи физик катталиқка ток зичлиги дейилади.

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

Бу ерда  $\vec{n}$  –  $S$  – текисликка перпендикуляр бўлган бирлик вектор. Ток зичлиги вектор табиатига эга экан. Ток зичлиги векторининг йўналиши мусбат зарядлар ҳаракати йўналишига мос келади.

Электрон ўтказувчанликнинг классик назариясига кўра, электронлар металл ичида тартибли ҳаракат қиладилар деб ҳисобланади. Улар ўз йўлида мусбат заряд ионларга дуч келиб, улар билан тўқнашишлари натижасида ўзларининг тартибли ҳаракат тезлигини йўқотадилар. Қайтадан, ташқи майдон таъсирида ўз тартибли тезликларини тиклагач, яна тўқнашув содир бўлади ва тартибли ҳаракат энергияси яна ионларга берилади. Тартибли ҳаракат тезлигининг шундай йўқотилиб туриши ўтказгичнинг электр қаршилигини юзага келтиради. Ток кучи ўзгармасдан сақланиш учун, яъни қаршилиқ таъсирини йўқотиш учун ўтказгичга маълум миқдорда кучланиш бериш лозим. Масалан, қаршиликли ВС ўтказгичдан ток ўтаётган бўлсин (2-расм).



2-расм

Ўтказгичга тушган кучланишни вольтметр, ток кучини эса А-Амперметр ёрдамида ўлчанади. Тажрибанинг кўрсатишича, ВС ўтказгичдан ўтаётган ток кучи шу ўтказгич учларига қўйилган кучланишга тўғри, ўтказгич қаршилигига эса тескари пропорционал экан. Бу қонун Ом қонуни деб аталади ва унинг математик ифодаси

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

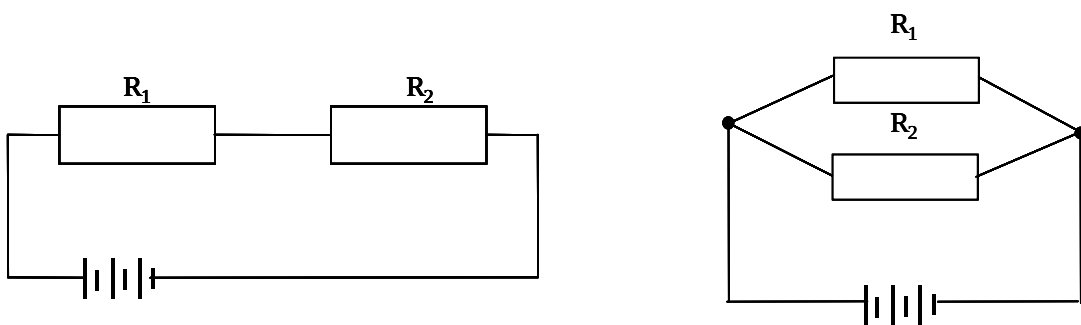
кўринишда бўлади. (3) ифодадан қаршилиқ бирлигини аниқлаш мумкин. СИ да қаршилиқ ўлчов бирлиги 1 Ом бўлиб, у кучланиш ва ток кучи бирликлари орқали қуйидагича аниқланади.  $1 \text{ Ом} = \frac{1\text{В}}{1\text{А}}$ . Ўтказгичнинг қаршилиги кОм ( $1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}$ ) ва МОм ( $1 \text{ МОм} = 10^6 \text{ Ом}$ ) ларда ҳам ўлчаниши мумкин.

Қаршилиқнинг катталиги ўтказгичнинг шаклига, ўлчамларига, шунингдек, унинг қандай материалдан ясалганлигига боғлиқ. Бир жинсли цилиндрсимон ўтказгич учун

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

Бу ерда  $\ell$  -ўтказгичнинг узунлиги,  $S$  -кўндаланг кесим юзаси,  $\rho$  -ўтказгич ясалган материалнинг табиатига боғлиқ бўлган коэффицент бўлиб, солиштирма электр қаршилиқ деб аталади. СИ системасида солиштирма электр қаршилиги Ом м ларда ўлчанади

Ўтказгичларни ўзаро кетма-кет ёки параллел улаб лозим бўлган қаршилиқларни ҳосил қилиш мумкин. 4-чи а) ва б)-расмларда ўтказгичларнинг кетма-кет ва параллел уланиш схемалари кўрсатилган.



4-расм

Ўтказгичлар кетма-кет уланганда (4а-расм), ток кучи ҳар бир ўтказгичда бир хил бўлиб, кучланиш эса ҳар бир қаршилиқ бўйича турлича тақсимланади. Ҳар бир қаршилиқдаги кучланиш пасайишлари йиғиндиси умумий кучланишга тенг бўлади:

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

Ом қонунидан  $U_1 = IR_1, U_2 = IR_2, U_n = IR_n$  ёзиш мумкин.

Бундан  $U = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n = I \sum_{i=1}^n R_i$ ,  $R = \sum_{i=1}^n R_i$  умумий қаршилик айрим қаршиликларнинг арифметик йиғиндисига тенг. Шунга кўра, умумий қаршилик ҳар бир қаршилик бўйича турлича тақсимланади. Умумий қаршилик ҳар бир ўтказгич қаршиликларининг йиғиндисига тенг.

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

Ўтказгичлар параллел уланганда (4б-расм), кучланишнинг пасайиши бир хил бўлади. Ом қонунидан  $I_1 = \frac{U}{R_1}, I_2 = \frac{U}{R_2} \dots$  умумий қаршилик қуйидаги ифодага кўра аниқланади.

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

Демак, ўтказгичлар параллел уланганда умумий қаршилик камаяр экан.

Кучланиш қўйилган бир жинсли ўтказгични кўриб чиқайлик. Шу ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан  $dt$  вақт давомида заряд ўтади. Заряднинг кўчиши Э.Ю.К. ёки майдон ҳисобига бўлиб бунда бажарилган иш

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

ифода бўйича аниқланади. Агар ўтказгичнинг қаршилиги  $R$  га тенг бўлса, Ом қонунига кўра  $dA = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt$  бўлади. Энди қувват тушунчаси устида тўхталамиз.

Бундан  $N = \frac{dA}{dt}$  маълумки,

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

(7) ва (8) ифодалар ёрдамида токнинг қувватини топиш мумкин.

Агар ток кучи Амперда, кучланиш Вольтда қаршилик Ом да ўлчанса, токнинг иши Жоулда, токнинг қуввати Ваттларда ўлчанади.

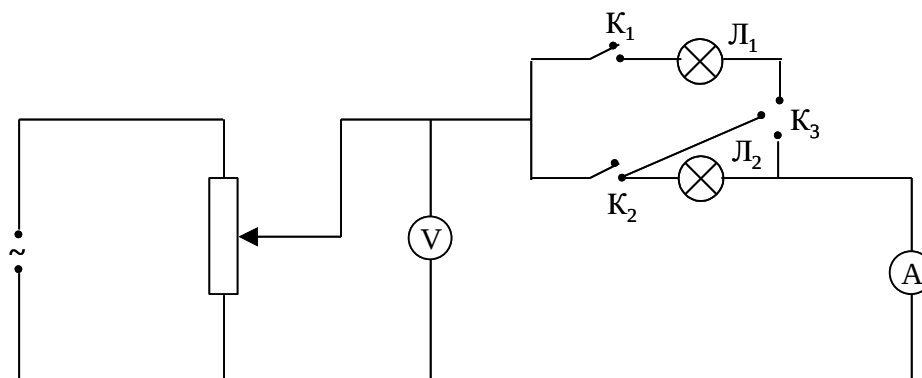
Электр токи қўзгалмас металл ўтказгичдан ўтаётган бўлса, бажарилган ишнинг ҳаммаси ўтказгични иситишга сарфланади. Энергиянинг сақланиш қонунига асосан  $dQ = dA$ . Шундай қилиб ажаралаётган иссиқлик миқдори учун

$$dQ = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt \quad (9)$$

(9) ифода Жоуль-Ленц қонунини ифодаловчи тенгламадир. Ўтказгичдан ток ўтаётганда иссиқлик ажралиш сабабини классик назарияга кўра содда қилиб шундай тушунтириш мумкин. Тартибли ҳаракат қилувчи электронлар ўз тартибли тезликларини ионлар билан тўқнашиш натижасида йўқотишлари юқорида айтиб ўтилган. Тартибли тезликни йўқотиш билан эквивалент эканлигини эсласак, ионларга муттасил энергия бериб турар экан, деган хулосага келиш мумкин. Бу энергия иссиқлик энергияси тарзида металлдан ажралиб туриши Жоуль-Ленц қонунини сифатий изоҳлашга имкон беради.

Ушбу лаборатория ишида чўғланма лампочкаларнинг қаршилиги, қуввати ва лампочка ичидаги сим толасининг ток ўтаётган пайтдаги ҳарорати аниқланади. 5-

расмда тажрибанинг электр схемаси тасвирланган. Бу ерда  $R$  потенциометр бўлиб, унинг ёрдамида вольтметр ( $V$ ) даги кучланиш ва амперметр ( $A$ ) орқали ўтаётган ток кучи қиймати ўзгартириб турилади.  $L_1$  ва  $L_2$  чўғланма лампочкалар  $K_1$ ,  $K_2$  ва  $K_3$  калитлар ёрдамида лампочкаларни электр занжирига алоҳида-алоҳида, кетма-кет ва параллел улаш мумкин.



5-расм

Ишни бажаришда ҳар бир лампочка ҳамда лампочкаларнинг икковини кетма-кет ва параллел улашдаги  $V$  вольтметрнинг, шунингдек  $A$  амперметрнинг кўрсатишлари ёзиб борилади. Лампочканинг чўғланиш ҳароратини аниқлаш учун, қаршиликнинг абсолют ҳароратга боғлиқлик формуласидан фойдаланамиз.

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

(10) формулани ҳароратнинг икки хил қиймати учун ёзиб

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

формулаларни оламиз. Бу ерда  $T_1$  - хона ҳарорати,  $T_2$  – лампочканинг чўғланиш ҳарорати,  $\alpha$ - қаршиликнинг ҳарорат коэффиценти,  $R'_t$  ва  $R''_t$  шу ҳароратларга мос келувчи лампочка толасининг қаршиликлари,  $R_0$  - лампочка толасининг  $t=0^\circ\text{C}$  ҳароратдаги қаршилиги. Формулаларнинг ўзаро нисбатини олсак, қуйидаги формулага эга бўламиз:

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

#### Ишни бажариш тартиби

1. 5-расмда тасвирланган электр занжири йиғилади. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижаларини ёзиш учун қуйидаги жадвал чизилади.

| № | $U$<br>(В) | $I$<br>(А) | $R$<br>(Ом<br>) | $N$<br>(Вт) | $T$<br>(К) |  | $U$<br>(В) | $I$<br>(А) | $R$<br>(Ом<br>) | $N$<br>(Вт) | $T$<br>(К) |
|---|------------|------------|-----------------|-------------|------------|--|------------|------------|-----------------|-------------|------------|
|---|------------|------------|-----------------|-------------|------------|--|------------|------------|-----------------|-------------|------------|

|    |             |  |  |  |  |  |                                         |  |  |  |  |  |
|----|-------------|--|--|--|--|--|-----------------------------------------|--|--|--|--|--|
| I  | 1<br>2<br>3 |  |  |  |  |  | 1 ва 2<br>лампочка<br>кетма-кет<br>улаш |  |  |  |  |  |
| II | 1<br>2<br>3 |  |  |  |  |  | 1 ва 2<br>лампочка<br>параллел<br>улаш  |  |  |  |  |  |

2.  $L_1$  лампочка занжирга  $K_1$  калит ёрдамида уланиб  $K_2$ - очик,  $K_3$ -1- ҳолатда бўладилар, кучланишнинг 60, 80, 100 ва 120 В қийматлари учун ток кучи аниқланади.

3. (3) формула ёрдамида ток кучи ва кучланишнинг ҳар бир қиймати учун қаршилик ҳисобланади.

4. (8) формула бўйича лампочканинг қуввати аниқланади.

5. Омметр ёрдамида совуқ ҳолдаги хона ҳароратидаги лампочканинг қаршилиги ва термометр ёрдамида унинг абсолют шкала бўйича ҳароратнинг қиймати аниқланади,  $T_1 = 273 + t$ .

6. (12) формуладан  $R_i''$  нинг ҳар бир қиймати учун чўғланган лампочканинг ҳарорати аниқланади.

7. Электр занжирга  $L_1$  лампочка  $K_2$  калит орқали уланади ( $K_1$ -очик) ва 2-6 бандларда ўтказилган тажриба ва ҳисоблашлар такрорланади.

8.  $L_1$  ва  $L_2$  лампочкалар  $K_1$  калит ёрдамида занжирга кетма-кет уланади, бунда  $K_2$ -очик,  $K_3$  -эса 2-ҳолатга ўтказилади  $L_1$  ва  $L_2$  лампочкалар  $K_1$  ва  $K_2$  калитлар ёрдамида занжирга параллел уланади ( $K_3$ -1 ҳолатга ўтказилади). Сўнгра 2-6 бандлар такрорланади. ва умумий қаршиликлар топилади.

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Ток кучи деб қандай физик катталиikka айтилади. У қандай бирликларда ўлчанади.
2. Ўтказгичларда қаршиликнинг мавжуд бўлишини классик электрон назарияси асосида тушунтиринг.
3. Ўтказгичларнинг қаршилиги ва бу қаршиликнинг ҳароратга боғлиқ формуласини тушунтиринг (12) формулани келтириб чиқаринг.
4. Ўтказгичларни кетма-кет ва параллел улашда ҳосил бўладиган натижавий қаршиликлар формуласини ёзинг.
5. Бутун занжир, занжирнинг бир қисми ва бир жинсли бўлмаган қисмлари учун Ом қонунини, ток кучининг иши ва қуввати формулаларини ёзинг.
6. Ишнинг схемасини чизинг ва уни бажариш тартибини тушунтиринг.

### АДАБИЁТ

1. Назаров Ў.Қ. «Умумий физика курси» 2-қисм (Электр ва электромагнетизм) Тошкент, «Ўзбекистон», 2002 йил.
2. Сафаров А.С. «Умумий физика курси» (Электромагнетизм ва тўлқинлар),

- Тошкент, «Ўқитувчи», 1992 йил.
3. М.Исмоилов, П.Хабибуллаев, М.Халиулин «Физика курси» «Ўзбекистон», Тошкент, 2000 йил.
4. Хайдарова М.Ш., Назаров Ў.Қ. «Физикадан лаборатория ишлари», Тошкент, «Ўқитувчи» 1989 йил.
5. В.И. Козлов. Общий физический практикум. Электричество и магнетизм Москва, 1987 г.

## 5 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШ ЎТКАЗГИЧНИНГ ҚАРШИЛИГИНИ ЎЗГАРМАС ТОК КЎПРИГИ ЁРДАМИДА АНИҚЛАШ

**Ишдан мақсад:** Ўзгармас ток воситасида ўтказгич қаршилигини аниқлаш.

**Керакли асбоб ва буюмлар:** реохорд, ўзгармас ток манбаи, қаршилиқлар магазини, калит, қаршилиқлари аниқланиши лозим бўлган иккита ўтказгич.

### НАЗАРИЙ ҚИСМ

Электр майдони мавжуд бўлган ҳолда биринчи тур ўтказгичларда (металларда) кристалл панжара тугунлари орасида эркин электронларнинг тартибли ҳаракати вужудга келади. Бундай электронларнинг тартибли ҳаракатига электр токи дейилади. Электр токи миқдорий томондан ток кучи, деб аталадиган катталиқ билан характерланади.

Вакт бирлиги ичида ўтказгичнинг кўндаланг кесим юзасидан ўтган заряд миқдorigа тенг бўлган катталиқ ток кучи дейилади. Ток кучи скаляр катталиқ бўлиб, умумий равишда қуйидаги формула билан аниқланади.

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

Агар токнинг қиймати ва йўналиши ўзгармаса бундай токка ўзгармас ток дейилади. Ток кучи бирлиги 1 Ампер (А). Ампер-вакуумда бир-биридан 1 м масофада жойлашган иккита чексиз узун параллел ўтказгичнинг ҳар биридан ток ўтганда, ўтказгичлар орасида уларнинг ҳар бир метр узунлигига  $2 \cdot 10^{-7}$  Н га тенг ўзаро таъсир кучини вужудга келтирадиган ток кучидир.

Ўтказгич учларида кучланиш бор бўлган ҳоллардагина, ўтказгичларда электр токи ҳосил бўлади. Бунда Ом қонунига асосан ток кучи қуйидагига тенг.

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

U-ўтказгич учларидаги кучланиш, R-ўтказгич қаршилигидир. Металл ўтказгич электр манбаига уланганда, металл таркибидаги эркин электронлар маълум йўналишда тартибли ҳаракат қила бошлайди. Бу электронлар тартибли ҳаракат давомида кристалл панжара тугунларида жойлашган мусбат ионлар билан тўқнашадилар. Ҳар бир тўқнашиш натижасида электронлар тартибли ҳаракатини йўқотади.

Демак, эркин электронлар ҳар бир тўқнашиш давомида ўзининг тартибли ҳаракат тезлиги ҳисобига олган кинетик энергиясининг бир қисмини кристалл панжарасидаги ионларга узатади. Ток манбаи электронларни қайтадан тезлаштиради, улар яна панжарасидаги ионлар билан тўқнашади ва х.к.

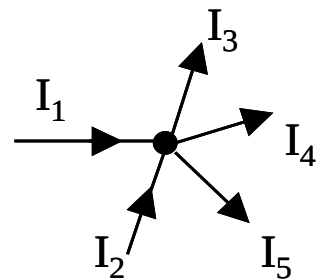
Электронларнинг тартибли ҳаракатига ҳалакит берадиган тўсиқлар йиғиндиси ўтказгичнинг қаршилиги  $R$  дейилади.

Баъзи амалий масалаларни ечишда бирмунча мураккаб, тармоқланган занжирлардаги ток кучи, кучланиш ва ҳоказоларни аниқлашга тўғри келади. Ом қонуни формулалари асосида бу масалаларни ҳал қилишнинг имкони бўлса ҳам бунда маълум қийинчилик юзага келиши мумкин. Бундай масалалар Кирхгофнинг иккита қондасини эътиборга олинса анча осон ечилади.

Кирхгофнинг биринчи қондасини таърифлаш учун аввал тугун тушунчасини кўриб ўтайлик. Учта ва ундан ортиқ ўтказгичлар туташган занжир нуқтаси тугун деб аталади. (1-расм) Тугунга келаётган тоklar мусбат ишора билан тугундан кетаётган тоklar эса манфий ишора билан белгиланади. Кирхгофнинг биринчи қондаси шундай таърифланади.

«Тугунга келаётган ва ундан кетаётган тоklarнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг». 1-расмда тасвирланган тоklar учун Кирхгофнинг биринчи қондаси ифодаси қуйидаги кўринишда ёзилади:  $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$  ёки

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



1-расм

Кирхгофнинг биринчи қондаси заряднинг сақланиш қонининг натижасидир. Кирхгофнинг иккинчи қондаси тармоқланган занжир учун Ом қонунинг умумлаштиришдан келиб чиқади. 2-расмда тасвирланган занжирни кўрайлик. Ихтиёрий тарзда бирор йўналишни, мисол учун соат стрелкаси йўналишини мусбат ишорали деб танлаб олайлик.

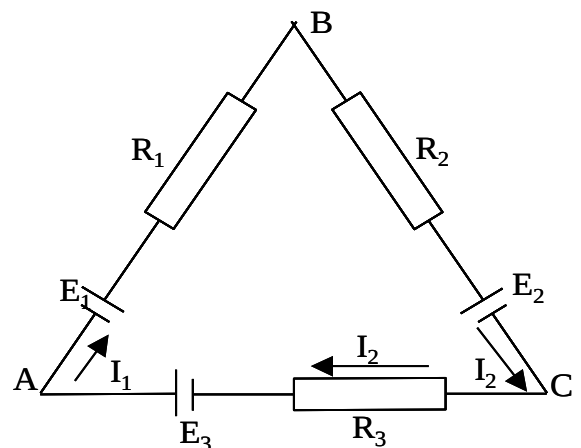
Контурни шу йўналиш бўйича айланиб ўтувчи катталиклар (ток кучи, кучланиш) мусбат ишорали, тескари йўналишда айланиб ўтувчи катталиклар манфий ишорали деб қабул қилинади. Масалан, контурни соат стрелкаси бўйича айланиб ўтишида вужудга келтирилган ЭЮК мусбат ҳисобланади.

Контурнинг ҳар бир қисми учун бир жинсли бўлмаган Ом қонунини қўллаемиз.

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

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

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



Бу тенгламаларни ҳадма-ҳад қўшиб қуйидаги ифодани оламиз:

2-расм

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

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

Бундан Кирхгофнинг иккинчи қондасига шундай таъриф бериш мумкин: *Тармоқланган электр занжиридаги ҳар қандай берк контурда контурнинг тегишли қисмларидаги ток кучининг шу қисм қаршиликларига кўпайтмаларининг йиғиндиси контурдаги барча ЭЮК ларнинг алгебраик йиғиндисига тенгдир.*

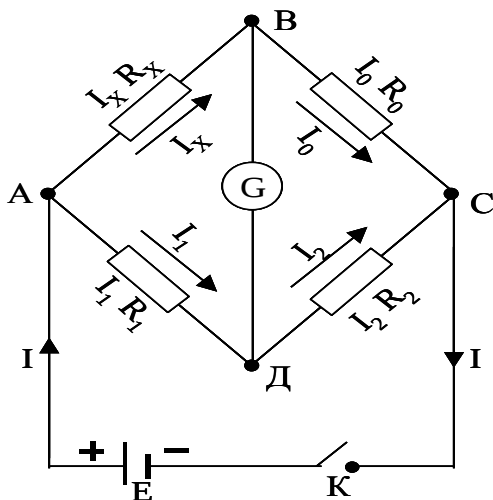
Кирхгоф қондаларини қўллашда қуйидаги шартларга риоя қилиш керак:

а) ток йўналишини тўғри танлаш лозим. Агар масалани ечишда манфий ток қиймати ҳосил бўлса, демак унинг ҳақиқий йўналиши тескари танланган бўлади. б) контурни айланиб ўтиш йўлини тўғри танланиши керак: в) тузилган тенгламалар сони номаълум катталиклар сонига тенг бўлиши лозим.

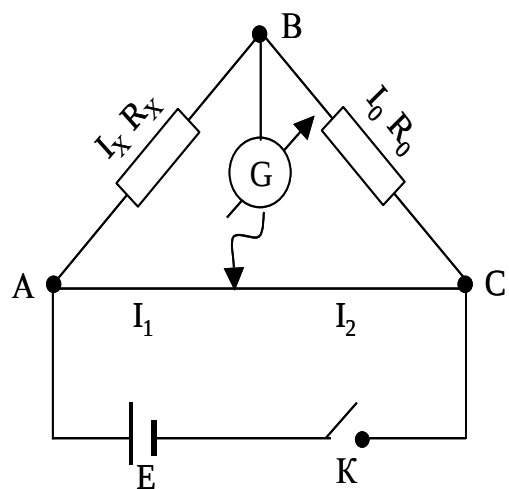
Ўтказгичлар қаршилигини ўлчашнинг турли усуллари мавжуддир. Бу усуллардан энг қулайи амперметрда ўлчанган ток кучи ва вольтметрда аниқланган кучланиш қийматларини билган ҳолда, занжирнинг бир қисми учун Ом қонунидан фойдаланиб ўтказгич қаршилигини аниқлашдир. Лекин бу усул ёрдамида қаршилиқни аниқлашда кўпроқ хатоликка йўл қўйилади. Чунки ўлчов асбоблари амперметр ва вольтметрларнинг ички қаршилиқларининг мавжудлиги у ток кучини ва  $U$  кучланишни аниқ ўлчашга имкон бермайди. Натижада Ом қонуни ёрдамида ўтказгич қаршилигини ўлчашда хатоликка йўл қўйилади.

Шунинг учун кўпинча қаршилиқларни ўзаро таққослаш воситасида аниқлаш усулидан фойдаланилади. Бу усул ўзгармас ток кўприги Уистон кўприги усулидир.

Уистон кўприги схемаси  $R_0, R_1, R_2, R_x$  қаршилиқларнинг ABCD тўртбурчак шаклида уланишидан ҳосил бўлади (3-расм) Бу ерда  $R_0$  - қаршилиқлар магазини.



3-расм



4-расм

Бу схеманинг (3-расм) бир диагоналига ток манбаи, иккинчи диагоналига эса сезгир гальванометр уланади. Гальванометр уланган худди шу диагонал кўприк вазифасини бажаради. Бу схема ёрдамида бажарилувчи барча ўлчашлар гальванометрда ток кучи қийматининг нолга тенг бўлишига асосланган.

3-расмда тасвирланган электр занжиридаги қаршиликларнинг ихтиёрий қийматларида гальванометр орқали ток ўтиб туради. Аммо, схемадаги қаршиликларнинг шундай қийматларини танлаган ҳолда гальванометрдан ток ўтмаслигини вужудга келтириш, яъни гальванометрда ток кучи қийматининг нолга тенг бўлишига эришиш мумкин.

Тажрибада Уистон кўпригида  $R_1$  ва  $R_2$  қаршиликлар узунлиги 1 метр бўлган реохорд (сим тортилган масштабни чизгич) билан алмаштирилади (4-расм). Реохорд солиштира қаршилиги жуда катта бўлган бир жинсли ингичка сим бўлиб, бу сим орқали Д контактни силжитиш мумкин.  $R_1$  ва  $R_2$  қаршиликлар вазифасини  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  сим узунликлари бажаради.

Калит ёрдамида кўприкнинг иккинчи диагоналига ток манбаи уланса 4-расм берк занжирининг барча қисмларидан электр токи ўта бошлайди. Юқорида эслатиб ўтилгандек қаршиликларни шундай танлаш мумкинки, гальванометрдан ток ўтмай қолсин. Кўприкнинг шу ҳолатини мувозанат ҳолат дейилади. Бу ҳолатнинг амалга ошиш учун  $R_0, R_1, R_2$  қаршиликлар маълум тенгликларни қаноатлантирадиган тарзда танланиб олиниш керак. Масалан, гальванометрдаги ток нолга тенг ( $I_g=0$ ) бўлган пайтда табиийки, ва нуқталарнинг потенциаллари бир-бирига тенг яъни  $\varphi_B = \varphi_D$  бўлади. 3-расмда кўрсатилган схема учун Кирхгоф қоидаларини қўллаймиз. Кирхгофнинг биринчи қоидаси

$$\begin{aligned} \text{А нуқта учун } I - I_1 - I_x &= 0 \\ \text{В нуқта учун } I_x - I_0 - I_g &= 0 \\ \text{Д нуқта учун } I_g + I_1 - I_2 &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

кўринишда ёзилади. Занжир асосан АВДА ва ВСДВ контурлардан ташкил топганлигини англаш қийин эмас. Шу контурлар учун мос равишда Кирхгофнинг иккинчи қоидасини қуйидагича ёзамиз.

$$\begin{aligned} \text{АВДА: } I_x R_x + I_g R_g - I_1 R_1 &= 0 \\ \text{ВСДВ: } I_0 R_0 + I_2 R_2 - I_g R_g &= 0 \end{aligned} \quad (7) \quad (8)$$

Кўприк мувозанат ҳолатда бўлиши учун  $I_g = 0$  шарт бажарилиши лозим эди. Шу ҳолат учун (6) тенгликлардан ток кучи учун

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

ифодаларга келамиз. (7) ва (8) тенгликлардан эса

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

ифодалар келиб чиқади. Бу тенгликларни ҳадлаб бирини иккинчисига бўламиз

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

Бундан номаълум қаршиликни аниқловчи ифодани оламиз:

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

Ёки  $R_1$  ва  $R_2$  қаршиликларни реохорд симининг елка узунликлари  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  лар билан алмаштириб қуйидаги ифодага эга бўламиз.

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

Бу ерда реохорд симининг барча узунлиги бўйлаб унинг кўндаланг кесими бир хил деб қабул қилинган.

### *Ишни бажариш тартиби*

1. Схема билан батафсил танишилади. Тажриба натижаларини ёзиш учун қуйидаги жадвал чизилади. Номалум қаршилик сифатида  $R'_x$  қаршиликни ўтказгич занжирга уланади.
2. Кўзгалувчан Д контактни реохорд симининг ўртасига ( $\ell_1 = \ell_2 = 50$  см) қўйиб қаршиликлар магазинидан  $R_0$  нинг қиймати шундай танлаб олинадики, гальванометрдан ўтаётган ток кучи  $I_g = 0$  бўлсин. Сўнгра Д контакт силжитилиб гальванометрдаги ток кучи айнан «0» га келтирилади.  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  нинг қийматлари жадвалга ёзилади.
3. Сўнгра реохорднинг  $\ell_1$  30, 40, 60, 70 см қийматлари учун ҳам  $R_0$  қаршилик танлаб олинади ва ҳар бир узунлик учун гальванометрдан ўтаётган ток нолга келтирилади. Ўлчаб олинган катталиклар асосида (13) формуладан фойдаланиб номалум  $R'_x$  қаршилик ҳисоблаб топилади ва унинг ўртача қиймати аниқаланади,  $\ell_1$ ,  $\ell_2$ ,  $R_0$  ларнинг қийматлари жадвалга ёзилади.

| Жадвал                                                          |   |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------|---|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Қаршиликлар                                                     | N | R <sub>0</sub><br>(Ом) | ℓ <sub>1</sub><br>(м) | ℓ <sub>2</sub><br>(м) | R <sub>x</sub><br>(Ом) | <R <sub>x</sub> > | ΔR <sub>x</sub> | <ΔR <sub>x</sub> > | $\frac{\langle \Delta R_x \rangle}{\langle R_x \rangle} \cdot 100\%$ |
| R' <sub>x</sub>                                                 | 1 |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |
|                                                                 | 2 |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |
|                                                                 | 3 |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |
| R'' <sub>x</sub>                                                | 1 |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |
|                                                                 | 2 |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |
|                                                                 | 3 |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |
| R' <sub>x</sub> ва R'' <sub>x</sub> лар<br>параллел<br>уланган  | 1 |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |
|                                                                 | 2 |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |
|                                                                 | 3 |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |
| R' <sub>x</sub> ва R'' <sub>x</sub> Лар<br>кетма-кет<br>уланган | 1 |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |
|                                                                 | 2 |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |
|                                                                 | 3 |                        |                       |                       |                        |                   |                 |                    |                                                                      |

4. Занжирга қаршилиги  $R_x''$  бўлган ўтказгич уланади, 2-3 бандлар такрорланиб (13) формула ёрдамида иккинчи ўтказгичнинг қаршилиги ва унинг ўртача қиймати аниқланади.
5.  $R_x'$  ва  $R_x''$  лар қаршиликлар электр занжирига аввал параллел сўнгра кетма-кет уланади. Ҳар икки ҳол учун 2-3 бандлар такрорланиб (13) формула ёрдамида умумий қаршиликлар  $R_{\text{пар}}$  ва  $R_{\text{к-к}}$  ҳисоблаб топилади. Ўтказгичлар параллел улангандаги умумий қаршилик  $R_{\text{пар}}$  нинг ҳамда кетма-кет улангандаги умумий қаршилик  $R_{\text{к-к}}$  нинг ўртача қийматлари аниқланади.
6. Ўтказгичларни параллел ва кетма-кет улаб топилган тажриба натижаларини назарий йўл билан чиқарилган формулалар: кетма-кет улаш учун
 
$$R_{\text{к-к}} = R_x' + R_x'', \text{ параллел улаш учун } R_{\text{пар}} = \frac{R_x' \cdot R_x''}{R_x' + R_x''}$$
 орқали ҳисоблаб топилган натижалар билан таққосланади.
7. Олинган натижалар бўйича  $R_x'$  ва  $R_x''$  қаршиликлар учун абсолют ва нисбий хатоликлар ҳисобланади. Олинган натижалар юқоридаги жадвалга ёзилади.

#### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Ўтказгич қаршилиги қандай физик катталик ва классик электрон назарияси асосида у қандай тушунтирилади.
2. Кирхгоф қоидаларини тушунтиринг.
3. Уистон кўприги схемасини чизинг. Бу кўприк усули ёрдамида қаршилиқни ўлчашнинг моҳиятини изохлаб беринг.
4. Реохорднинг вазифасини тушунтиринг.
5. Кирхгоф қоидалари ёрдамида гальванометрдан ток ўтмаслиги шarti асосида номаълум қаршилиқни ҳисоблаш формуласини исботланг.

#### АДАБИЁТ

1. Назаров Ў.Қ. «Умумий физика курси» 2-қисм (Электр ва электромагнетизм) Тошкент, «Ўзбекистон», 2002 йил.
2. Сафаров А.С. «Умумий физика курси» (Электромагнетизм ва тўлқинлар), Тошкент, «Ўқитувчи», 1992 йил.
3. М.Исмоилов, П.Хабибуллаев, М.Халиулин «Физика курси» «Ўзбекистон», Тошкент, 2000 йил.
4. Ҳайдарова М.Ш., Назаров Ў.Қ. «Физикадан лаборатория ишлари», Тошкент, «Ўқитувчи» 1989 йил.
5. В.И. Козлов. Общий физический практикум. Электричество и магнетизм Москва, 1987 г.

## 6 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ ЭЛЕКТРОН ЛАМПАНИНГ ИШЛАШНИНГ ЎРГАНИШ ВА КАТОДНИНГ ҲАРОРАТИНИ АНИҚЛАШ

**Ишдан мақсад:** Электрон лампа тузилиши билан танишиш ва унинг ёрдамида катоднинг ҳароратини аниқлаш.

**Керакли асбоб буюмлар:** икки электродли электрон лампа, 120 В ва 6 В ли ўзгармас ток манбалари, иккита потенциометр, иккита вольтметр, амперметр, миллиамперметр.

### НАЗАРИЙ ҚИСМ

Металлар кристалл панжара тузилишига эга бўлиб, панжара тугунларида металл атомлари (мусбат ионлар) жойлашган бўлади. Нормал ҳароратда металл атомларининг валентлик электронлари ўз атомларини тарк этиб эркин электронларга айланади. Эркин электронлар классик электрон назария нуктаи назаридан "электрон газ" деб ҳам аталади. Бу электронлар мувозанат вазиятига нисбатан тебранма ҳаракатда иштирок этувчи мусбат ионлар атрофида тартибсиз ва тўхтовсиз иссиқлик ҳаракатида иштирок этадилар.

Электронларнинг иссиқлик ҳаракат тезлиги бир хил бўлмай, турли қийматга эга бўлиши табиий. Агар электронлар бирор сабаб таъсирида металл сиртидан бирор тезлик билан чиқаётган бўлса, сиртда мусбат ионларнинг ортиқчалиги вужудга келади. Натижада, электронлар билан мусбат зарядлар орасида тортишувчи Кулон кучи пайдо бўлади. Бу куч металл ичига йўналган бўлиб, унинг таъсирида электронлар металл сиртига қайтиб тушади. Агар электронларнинг тезлиги нисбатан каттарок бўлса, бундай электронлар металл сиртидан бир неча атом оралиғига тенг бўлган масофа ўзоқлашиши мумкин. Натижада металл сирти атрофида манфий зарядли электронлар булути ҳосил бўлади. Металл сирти эса электронларнинг етишмаслиги туфайли мусбат зарядланиб қолади. Демак, металлнинг сиртида ва унга яқин бўлган бўшлиқда икки хил ишорали қўш қатлам вужудга келар экан (1-расм) Бу қўш қатламни турли ишора билан зарядланган ясси конденсатор қопламларига ўхшатиш мумкин. Текширишларнинг кўрсатишича ҳар қандай шароитда ҳам айнан текшириляётган металл учун бундай қўш қатлам орасидаги потенциаллар айирмаси ўзгармас бўлар экан. Конденсаторга ўхшаш бўлган қўш қатлам орасидаги электр майдон металлдан

электронларнинг ўз-ўзидан кейинги учиб чиқишига қарши таъсир кўрсатади, яъни тўсиқ вазифасини бажаради. Тўсиқдан ўта олмаган электронларни баъзан потенциал чуқурликка тушиб қолган электронларига қиёс қилинади. Ҳақиқатан ҳам, тўсиқни енгиб ўтиш учун ёки чуқурликдан чиқиш учун электрон маълум микдордаги энергияга эга бўлиши керак. Физик мазмуни ўхшаш бўлганлиги сабабли тўсиқни потенциал тўсиқ (барьер), унинг чуқурлигини эса потенциал чуқурлик (ўра) деб ҳам юритилади.

Электрон потенциал чуқурликни енгиб металл ташқарисига чиқиши учун маълум микдорда иш бажариши керак. Бу ишга электроннинг металлдан чиқиш иши ( $A_\phi$ ) дейилади. Чиқиш ишига қуйидагича таъриф бериш мумкин.

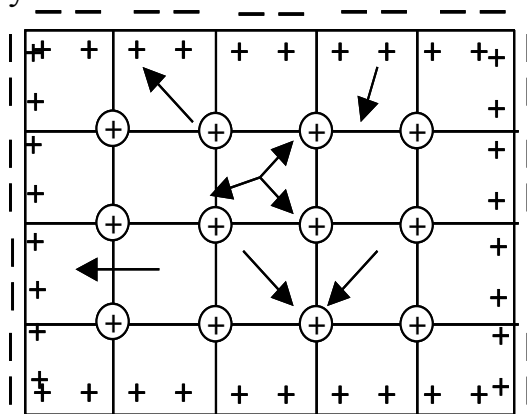
Электроннинг металлдан чиқиш иши деб қўшқатлам орасидаги потенциаллар айирмасининг электрон зарядига кўпайтмасига айтилади, яъни

$$A_\phi = \Delta\phi$$

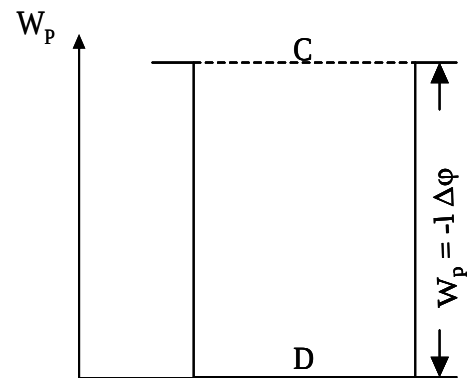
Чиқиш иши металлнинг табиатига, кимиёвий таркибига ва металл сиртининг тозаллигига боғлиқдир. Тоза металллар учун потенциал чуқурликнинг энг юқори сатҳида (C нуктасида) электронларнинг потенциал энергияси нолга тенг ( $W_p = 0$ ) дейилса, чуқурлик тубидаги нуктада турган валентлик электронларнинг потенциал энергияси манфий қийматга эга бўлади (2-расм).

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

Худди шу энергия электроннинг юқорида айтиб ўтилган чиқиш ишига тенг бўлади  $W_p = -e \cdot \Delta\phi = A_\phi$  электронларнинг кинетик энергияси чиқиш ишидан катта ёки унга тенг бўлгандагина, яъни  $\frac{mv^2}{2} \geq A_\phi$  ҳолдагина улар металдан чиқиши мумкин.



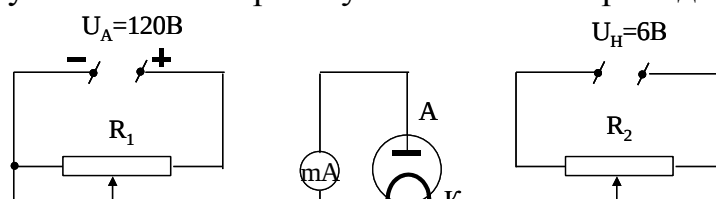
1-расм.



2-расм.

Эркин электронларнинг кинетик энергияси турли хил усуллар билан орттирилиши мумкин. Бу усуллардан бири металлларни қиздиришдир. Металлларнинг қиздирилиши натижасида улардан электронларнинг ажралиб чиқиш ҳодисасига термоэлектрон эмиссия дейилади. Термоэлектрон эмиссия ҳодисаси асосида ишлайдиган асбобларнинг бир тури электрон лампалардир. Бу ишда электрон лампалардан энг содаси бўлмиш икки электродли электрон лампа диоднинг ишлаш принципи, шунингдек унинг вольт-ампер характеристикаси ўрганилади.

Лампани ва ўлчаш асбобларини улаш схемаси 3-расмда кўрсатилган.

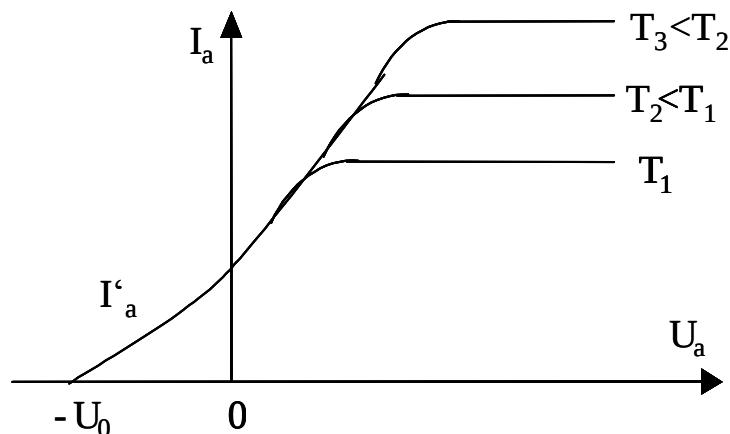


3-расм

Схеманинг асосий элементи икки электродли лампа (диод) дир. Диод ичидан хавоси сўриб олинган ва икки электрод (К-катод ва А-анод) кавшарланган шиша ёки металл-сопол баллондан иборат. Анод ток манбаининг мусбат кутбига, катод эса манфий кутбига уланади. Кўпинча катод ингичка тўғри сим шаклида бўлиб, юқори ҳароратларга чидамли металллардан тайёрланади (масалан вольфрамдан). Анод эса, катодга нисбатан коаксиал цилиндр шаклида бўлади. Катод одатда ЭЮК 6 вольтли ўзгармас ток манбаи ёрдамида қиздирилади. Реостат  $R_2$  воситасида (3-расм) катоддан ўтаётган ток кучини орттириб катоднинг чўғланиш ҳароратини ўзгартириш мумкин.

120 вольтли ўзгармас ток манбаидан диод электродлари орасига  $U_a$  кучланиш берилади. Бу кучланиш анод кучланиши дейилади.  $U_a$  анод кучланиши қийматини реостат  $R_1$  ёрдамида ўзгартириш ва уни  $V_A$  вольтметр орқали ўлчаш мумкин. Миллиамперметр А анод токини ўлчаш учун қўлланилади.

Анод токининг анод кучланишига болиқлик графиги  $I_a = f(U_a)$ га диоднинг вольтампер характеристикаси дейилади. 4-расмда катод ҳароратининг турли қийматлари:  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  лар учун диоднинг вольт-ампер характеристикаси кўрсатилган. Катоднинг ҳарорати ортган сари ундан потенциал тўсиқни енгиб чиқаётган, яъни эркин ҳолатга ўтаётган электронларнинг сони ҳам ортиб боради. Анод кучланиши  $U_a=0$  бўлганда катоддан чиқаётган электронлар катод атрофида электронлар булутини ҳосил қилади. Гарчи анод ва катод ўртасида кучланиш бўлмаса ҳам катоддан чиқаётган электронларнинг жуда катта тезликка эга бўлган қисми анодга келиб тушади. Натижада кучсиз  $I'_a$  - анод токи вужудга келади.



## 4-расм

Лампанинг вольт-ампер характеристикасидан кўринадик, анод кучланиши ( $U_a$ ) ортиб бориши билан анод токи ҳам ортиб борар экан. Ҳақиқатан ҳам, бунда анодга етиб келаётган электронлар сони ортади. Анод токининг анод кучланишига боғлиқлиги ўтказгичлар учун ўринли бўлган Ом қонунига мос келмайди.  $I_a = f(U_a)$  боғлиқликни характерлайдиган эгри чизик – графикнинг аналитик формуласини Богуславский ва Ленгмюр назарий йўл билан аниқлаганлар.

Бу формула куйидаги кўринишга эга экан:  $I_a = BU_a^{\frac{3}{2}}$  бу ифодага Богуславский-Ленгмюр қонуни ёки уч тақсим икки қонуни дейилади. Бу ифодада  $B$  электродларнинг катталиги ва ўзаро жойлашиши билан боғлиқ бўлган ўзгармас сон.

Анод кучланишини янада орттирсак, унинг бирор қийматидан бошлаб анод токининг ўсиши тўхтайдди. Қиймати ўсишидан тўхтаган бу токни тўйиниш токи дейилади. Тўйиниш токиннинг юзага келишига сабабчи бўлган анод кучланишининг  $U_a = U_T$  қиймати куйидаги мазмунга эга: кучланишнинг бу қийматида берилган ҳарорат учун катоддан бирлик вақт ичида чиққан электронларнинг барчаси анодга келиб тушади. Демак, электронлар сони энди ўзгармас бўлганлиги (ортмаганлиги) сабабли анод токи ҳам ўзгармайди. Табиийки, тўйиниш токи юзага келиши билан анод токи ва анод кучланиши орасидаги боғлиқлик ҳам бузилади, чунки график ўз қуринишини ўзгартиради. Бу билан Богуславский-Ленгмюр қонуни ҳам ўз аҳамиятини йўқотади.

Анод токини яна ошириш учун энди катодни каттароқ ҳароратгача қиздириш лозим бўлади (4-расмга қаранг).

Металл қаршилигининг ҳароратига боғлиқлиги формуласидан фойдаланиб катоднинг ҳароратини аниқлаш мумкин.

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

Бу ерда  $R_0$  катод симининг  $t=0^\circ\text{C}$  даги қаршилиги,  $\alpha$  қаршилиқнинг ҳарорат коэффиценти,  $T$ -ҳароратнинг Кельвин шкаласидаги қиймати.

Занжирдаги вольтметр ва амперметр ёрдамида катод кучланиши  $U_k$  ҳамда катод токи  $I_k$  ўлчанади. Ўлчашдан олинган қийматлар ёрдамида Ом қонунига кўра шу ҳароратдаги катод қаршилигини аниқлаш мумкин.

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

Тажриба ўтказилаётган хона ҳароратидаги катод қаршилиги (1) ифодага ўхшаш бўлган куйидаги формула асосида аниқланади.

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

Бу ерда  $T_x = 273^\circ + t_x$ ,  $t_x$  - Цельсий шкаласидаги хона ҳарорати (биз ишлатадиган диод учун  $R_x = 0,5$  Ом,  $t_x = 20^\circ\text{C}$ ) (1), (2) ва (3) тенгламаларни биргаликда ечиб куйидаги ифодани ҳосил қилиш мумкин.

$$T = \frac{U_K}{I_K} \cdot \frac{T_X}{R_X} \quad (4)$$

$\frac{T_X}{R_X}$  нисбат ўзгармас бўлгани учун уни  $C$  деб белгилаб (4) ни

$$T_K = C \cdot \frac{U_K}{I_K} \quad (5)$$

кўринишда ёзиш мумкин. Демак, катоднинг ҳарорати фақат ундан ўтган ток кучи ва берилган кучланишга боғлиқ экан.

### *Ишни бажариш тартиби*

1. 3 а-расмда тасвирланган электр схема йиғилади ва сўнгра қуйидаги жадвал чизиб олинади.

| $\begin{matrix} U_a \\ U_k \end{matrix}$ | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | $I_a$ | $I_k$ | $T_k$ |
|------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|-------|-------|-------|
| 1,9                                      |    |    |    |    |    |    |    |       |       |       |
| 2,1                                      |    |    |    |    |    |    |    |       |       |       |
| 2,2                                      |    |    |    |    |    |    |    |       |       |       |
| 2,4                                      |    |    |    |    |    |    |    |       |       |       |
| 2,6                                      |    |    |    |    |    |    |    |       |       |       |

2. Катодга  $I_k = 1,9$  В кучланиш берилади ва катод токининг қиймати ёзиб олинади.
3. Катод қизигунча 2-3 минут кутилади.
4.  $R_1$  реостат ёрдамида анод кучланишининг бошланғич қиймати  $\Delta U_a = 10$  В га келтирилади ва анод токи  $I_a$  ўлчаниб ёзиб олинади. Сўнгра  $R_1$  реостат ёрдамида анод кучланиши оширилиб, унинг 20, 30, 40 В қийматларидаги  $I_a$  анод токининг қиймати ёзиб олинади. Тажриба анод токи қиймати тўйиниш токига етгунча давом эттирилади. (Тўйиниш токига етганда миллиамперметрнинг кўрсатиши ўзгармай қолади).
5. Шундан сўнг катоддаги кучланиш орттирилиб, унинг 2,1: 2,2: 2,4: 2,6 В га тенг қийматларининг ҳар бирида 4-бандда бажарилган тажриба такрорланади. Ҳар бир катод кучланишига мос келган катод токи ёзиб борилади.
6. Тажрибадан олинган натижаларга асосан диоднинг вольт-ампер характеристикаси чизилади. Бунда ҳар бир ҳароратга алоҳида вольт-ампер характеристика эгри чизиғи тўғри келади. Бир неча ҳарорат қийматлари учун эгри чизиқлар тўплами ҳосил қилинади.
7. (5) формуладан фойдаланиб  $U_k$  нинг ҳар бир қиймати учун катоднинг ҳарорати аниқланади.

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Термoeлектрон эмиссия ҳодисасини металлларнинг кристалл панжаравий тузилиши асосида тушунтиринг.
2. Потенциал чуқурликнинг физик мазмунини тушунтириб беринг.
3. Электронларнинг металллардан чиқиш иши деб қандай катталиққа айтилади.
4. Икки электродли электрон лампа-диоднинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтиринг.
5. Диоднинг вольт-ампер характеристикаси қандай аниқланади.
6. Тўйиниш токининг юзага келишига сабаб нима. Тўйиниш токи қийматининг катоднинг ҳароратига боғлиқлиги қандай юзага келади.
7. Богуславский-Лэнгмюр қонунини тушунтиринг.
8. Лаборатория иши қандай схема асосида бажарилади. Схеманинг ишлаш принципини тушунтириб беринг.

### АДАБИЁТ

1. Назаров Ў.Қ. «Умумий физика курси» 2-қисм (Электр ва электромагнетизм) Тошкент, «Ўзбекистон», 2002 йил.
2. Сафаров А.С. «Умумий физика курси» (Электромагнетизм ва тўлқинлар), Тошкент, «Ўқитувчи», 1992 йил.
3. М.Исмоилов, П.Хабибуллаев, М.Халиулин «Физика курси» «Ўзбекистон», Тошкент, 2000 йил.
4. Ахмаджонов О.И. Физика курси, «Электр ва магнетизм» 2-қисм, «Ўқитувчи», Тошкент, 1989 йил.
5. Ҳайдарова М.Ш., Назаров Ў.Қ. «Физикадан лаборатория ишлари», Тошкент, «Ўқитувчи» 1989 йил.
6. В.И. Козлов. Общий физический практикум. Электричество и магнетизм Москва, 1987 г.

## 7 – ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ ҒАЛТАКНИНГ ИНДУКТИВЛИГИНИ, ТЎЛА КУЧЛАНИШ ВА ТОК ОРАСИДАГИ ФАЗА СИЛЖИШИНИ ҲАМДА МУҲИТНИНГ МАГНИТ СИНГДИРУВЧАНЛИГИНИ АНИҚЛАШ

**Ишдан мақсад:** индуктив қаршилик ва муҳитнинг магнит сингдирувчанлигини ўзгарувчан ток қонунларидан фойдаланиб тажрибада аниқлаш.

**Керакли асбоб ва буюмлар:** ғалтак (соленоид), темир ўзак, реостат, ўзгармас токни ўлчайдиган амперметр ва вольтметр ўзгарувчан токни ўлчайдиган амперметр ва вольтметр, ўзгармас ва ўзгарувчан ток манбалари. Қайта улагич (переключатель).

### **НАЗАРИЙ ҚИСМ**

Берк контур билан чегараланган сиртни кесиб ўтувчи магнит майдон индукция вектори оқимининг ҳар қандай ўзгариши шу контурда электр токини ҳосил қилади (Фарадей тажрибалари). Бу ток индукцион ток дейилади. Шу токнинг қайд қилиниши контурда ЭЮК мавжуд эканлигини билдиради. Бу ЭЮК индукцион ЭЮК дейилади. Индукцион токнинг ҳосил бўлиш жараёнига электромагнит индукция ҳодисаси дейилади. Тажриба натижаларининг кўрсатишича, индукцион ЭЮКнинг қиймати берк контур ўраб турган сирт орқали ўтаётган магнит майдон оқимининг ўзгариш тезлиги сирт орқали ўтаётган магнит майдон оқимининг ўзгариш тезлиги  $\frac{d\Phi_M}{dt}$  га пропорционал экан,

яъни:

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

бу ердаги манфий ишора индукцион токнинг магнит майдон оқими шу ток ҳосил қилган асосий магнит майдон индукцияси оқимининг ўзгаришига қарама-қарши йўналган эканлигини кўрсатади (Ленц қоидаси).

Электромагнит индукциясининг хусусий ҳолларидан бири ўзиндукция ҳодисасидир. Агар ғалтакдан ўтаётган ток кучи ўзгараётган бўлса, у ҳосил қилаётган магнит майдон индукциясининг шу ғалтак ўрамлари билан чегараланган сиртни кесиб ўтувчи оқим ҳам ўзгаради. Бу эса, ўз навбатида, ғалтакда ЭЮК ни

индукциялайди. Ғалтакдан ўтаётган токнинг ўзгариши туфайли шу ғалтакда индукция токининг уйғотилиши (вужудга келишига) ўзиндукция ҳодисаси деб аталади. Вужудга келган индукцион ток шундай йўналган бўладики, у ток ортса уни камайтиришга, аксинча, ток камайса, уни тиклашга ҳаракат қилади. Умуман, контурдан ўтаётган ток вужудга келтирган ва шу ток контури ўраб турган юза орқали ўтаётган магнит индукцияси оқими ток кучига пропорционал бўлади, яъни:

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

Агар коэффициент ўзгармас бўлса, майдон оқими ўзгариши фақат ток кучи ўзгаришига боғлиқ бўлади:

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

(3) ифодани эътиборга олиб (1) ни

$$\varepsilon_{yz} = -L \frac{dI}{dt} \quad (4)$$

кўринишда ёзиш мумкин, бу ерда  $\varepsilon_{yz}$  - ўзиндукция ЭЮК,  $L$  - ғалтакнинг индуктивлиги ёки ўзиндукция коэффициенти деб аталади. Индуктивлик ўтказгичнинг ўлчамига, шаклига ва муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги  $\mu$  га боғлиқ катталиқдир. Муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги деб муҳит ичида ҳосил бўлган умумий майдон индукцияси ( $B$ ) нинг муҳит ўрнида бўшлиқ бўлгандаги майдон индукцияси ( $B_0$ ) га нисбати билан ўлчанадиган катталиқка айтилади, яъни:

$\mu = \frac{B}{B_0}$  (3) ва (1) формулалардан ғалтакнинг индуктивлигини қуйидагича ифодалаш

мумкин.

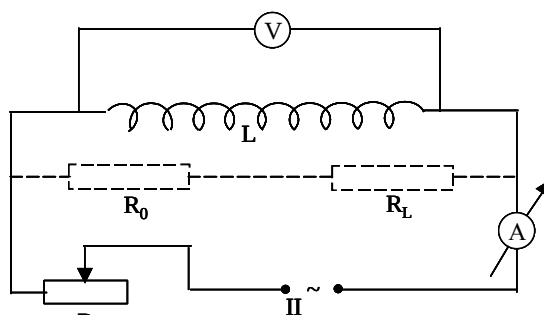
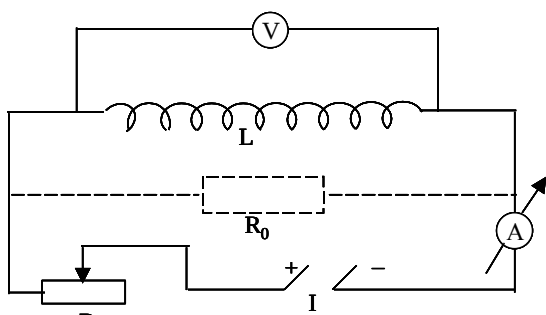
$$L = \frac{\varepsilon_i}{\frac{dI}{dt}} \quad (5)$$

Агар (5) да  $\varepsilon_i = 1$  В,  $\frac{dI}{dt} = 1 \frac{А}{с}$  бўлса, ғалтакнинг индуктивлиги 1 генри (Гн)

бўлади. Демак, ғалтак индуктивлигининг бирлигига шундай таъриф бериш мумкин: агар ғалтакдан оқиб ўтаётган ток кучи 1 с да 1 А ўзгарганида 1 В ўзиндукция ЭЮК ҳосил бўлса, шу ғалтакнинг индуктивлиги 1 Гн га тенг бўлади. Ғалтакнинг индуктивлиги ундаги ўрамлар сонига боғлиқ. Ўрамлар сони канча кўп бўлса, индуктивлик шунча катта бўлади. Айниқса, ғалтак ичига темир ўзак киритилган бўлса, индуктивлик янада катталашади. Шунинг учун ҳам индуктивликни ошириш лозим бўлганда ўзакли ғалтакдан фойдаланилади.

Бу ишни бажаришдан мақсад ғалтакнинг индуктивлиги  $L$  ни, муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги  $\mu$  ни ва ток кучи билан кучланиш орасидаги фаза силжишини аниқлашдир. Бунинг учун 1-расмда тасвирланган электр схемадан фойдаланамиз.

Бунда  $L$  индуктивлиги аниқланиши лозим бўлган ғалтак,  $R_0$  - ғалтак симларининг актив (омик) қаршилиги,  $R_L$  - ғалтакнинг ўзгарувчан токка нисбатан индуктив (реактив) қаршилиги,  $R$  - реостат,  $V$  вольтметр,  $A$  - амперметр,  $\Pi$  - переключател (икки қутбли калит),  $I = << - >>$  ўзгармас ток манбаи.



## 1 - расм

Индуктив ғалтак ўзгармас ток манбаига уланса П-I ҳолатга қуйилади, 1. а-расм, у фақат актив қаршиликка эга бўлади. Бу қаршилик электр занжиридаги  $U$  вольтметр ва  $A$  амперметр ёрдамида  $R_0 = \frac{U}{I}$  ифодага асосан аниқланади. Шундан сўнг ғалтак ўзгарувчан ток манбаига уланади (П-II ҳолатга ўтказилади, 1. б-расм). Бу ҳолда ғалтак актив қаршиликка эга бўлиши билан бирга индуктив қаршиликка ҳам эга бўлади.  $R_0$  - ни актив қаршилик дейилишига сабаб шундаки, ундан ток ўтганида Жоуль-Ленц иссиқлиги ажралиб чиқади.  $R_L$ -реактив қаршиликда эса бундай иссиқлик ажралиб чиқмайди.

Ўзгарувчан ток синуслар қонунига бўйсинади, яъни

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

бу ерда  $I$  - ўзгарувчан токнинг ихтиёрий  $t$  вақтдаги қиймати,  $I_0$  -токнинг максимал қиймати,  $\omega = 2\pi \nu$  бўлиб, ўзгарувчан токнинг циклик (доиравий) частотаси дейилади,  $\nu$  -эса чизиқли частота ( $\nu=50$  Гц). Ўзгарувчан токнинг гармоник равишда вужудга келиши шу ток манбаи бўлган ЭЮК нинг ҳам гармоник тарзда ўзгаришини билдиради:

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

Кўриб ўтганимиздек, ғалтакдан ўтаётган ток кучи ўзгарганда унда ўзиндукция ЭЮК ҳосил бўлгани каби, ўзгарувчан ток ўтаётганда ҳам шу ғалтакда ўзиндукция ЭЮК ҳосил бўлади. 1-расмдаги схемага берк занжир учун Ом қонунини татбиқ этсак,

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

ифодага эга бўламиз. Бу ифодага (4) ва (7) формулалардаги қийматларни келтириб қўйсак:

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

бу ерда  $L \frac{dI}{dt}$  индуктив қаршиликка мос келувчи кучланиш тушишидир. (6) ифодани вақт бўйича дифференциаллаб натижасини (9) га қўйсак, қуйидаги тенгламага эга бўламиз.

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

Бунда  $\cos\omega t = \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$  эканлигини эътиборга олсак, (10) ифода

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

кўринишга келади. (11) формуладаги

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

катталиқ ғалтакнинг актив қаршилигига мос келган кучланиш тушишдир.

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

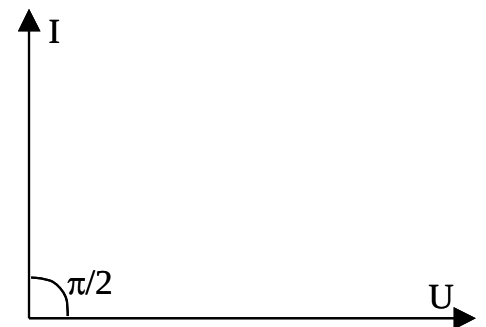
эса, индуктив қаршилиққа мос келган кучланиш тушишини ифодалайди. (13) формулага  $I_0 \omega L = U_L$  белгилаш киритсак, у индуктив қаршилиқдаги кучланишнинг амплитудавий ёки максимал қиймати бўлади. Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни эътиборга олинса,  $\omega \cdot L$  кўпайтма ҳақиқатан ҳам қаршилиқ маъносига эга эканлиги аён бўлади. Бу ифода

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

деб белгиланади ва у ғалтакнинг индуктив қаршилиги дейилади. (14) ифодадан кўринадик, индуктив қаршилиқ ўзгарувчан токнинг даврий частотасига пропорционал экан. Частота ортиши билан индуктив қаршилиқ ҳам ортиб боради.

Агар  $\omega = 0$  бўлса, яъни ток ўзгармас бўлса  $R_L = 0$  бўлади. Бу ҳолда ғалтакда фақат актив қаршилиқ иштирок этади. Агар (13) ва (6) формулаларни ўзаро таққосласак, ғалтакнинг индуктив қаршилигидаги кучланишнинг пасайиши ундан ўтаётган токка нисбатан фаза бўйича  $\frac{\pi}{2}$  га олдин

кейтиши келиб чиқади (2-расм). Иккинчи томондан, (12) ва (13) ифодалардан кўринадик, индуктив қаршилиқдаги кучланиш тебраниши



2-расм

актив қаршилиқдаги кучланиш тебранишидан фаза бўйича  $\frac{\pi}{2}$  га олдин кетар экан.

Шунинг учун ҳам ғалтакдан ўзгарувчан ток ўтаётган пайтда ҳосил бўлган кучланишларнинг натижавий катталигини топиш қийинчилик туғдиради. Бундай ҳолларда кучланишларни вектор диаграмма кўринишда қўшиш қулайдир. Бунинг учун актив қаршилиқдаги кучланиш қийматини вертикал ўққа, индуктив қаршилиқдаги кучланиш қийматини горизонтал ўққа жойлаштирамиз (3-расм). Тўла кучланиш эса икки векторга қурилган параллелограммнинг диагоналига ёки икки векторнинг геометрик йиғиндисига тенг бўлади.

Пифагор теоремасига асосан тўла кучланиш ифодасини

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

кўринишда ёзиш мумкин. Бундан ток кучининг максимал қиймати,

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

га тенг бўлади.

Лекин ўзгарувчан токка мўлжалланган электр ўлчов асбоблари ток ва кучланишнинг максимал қийматини кўрсатмай, балки эффектив (иш бериш) қийматлари ( $I_{\text{эфф}}$  ва  $U_{\text{эфф}}$ ) ни қайд қилади. Ўтказгичдан ўзгарувчан ток ўтаётган маълум вақт ичида қанча миқдорда иссиқлик ажралаётган бўлса, шу вақт ичида шу ўтказгичдан шунча иссиқлик ажратиб чиқарадиган ўзгармас ток қийматига узгарувчан токнинг эффектив қиймати ёки иш берадиган қиймати дейилади.

Ҳисоблашлар  $I_{\text{эфф}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}, U_{\text{эфф}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad (17)$

эканлигини кўрсатади. (17) тенгликларни (16) га қўйиб ўзгарувчан ток учун Ом қонуни ифодасига эга бўламиз:

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

бу ердаги

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

ифода ўзгарувчан ток занжирининг тўла қаршилиги деб аталади. (19) дан ғалтакнинг индуктивлигини аниқлаймиз:

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

2 ва 3-расмларни таҳлил қилиш натижасида  $I_0$  ток кучи билан тўла кучланиш орасидаги бурчак  $\varphi$  га тенг эканлиги келиб чиқади.  $\varphi$  бурчак ток кучи билан кучланиш орасидаги фаза силжиши деб аталади ва унинг қиймати қуйидаги формуладан аниқланади:

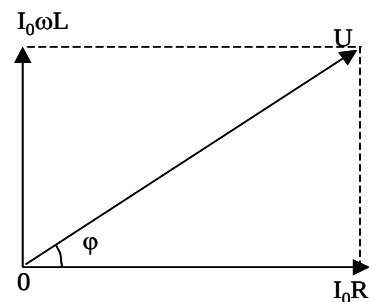
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I_0 \omega L}{I_0 R} = \frac{\omega L}{R} \quad (21)$$

### Ишни бажариш тартиби

1. 1-расмда тасвирланган электр занжир йиғилади. Олинган натижаларни ёзиш учун қуйидаги жадвал чизилади.

Жадвал

| № | Ў з а к с и з   |                 |     |                      | Ў з а к л и     |                 |     |                     | $\mu$ | $\operatorname{tg} \varphi$ | $\varphi$ | $R_0 = \text{const}$ |
|---|-----------------|-----------------|-----|----------------------|-----------------|-----------------|-----|---------------------|-------|-----------------------------|-----------|----------------------|
|   | $I_{\text{эф}}$ | $U_{\text{эф}}$ | $z$ | $L_{\text{ўзаксиз}}$ | $I_{\text{эф}}$ | $U_{\text{эф}}$ | $z$ | $L_{\text{ўзакли}}$ |       |                             |           |                      |
| 1 |                 |                 |     |                      |                 |                 |     |                     |       |                             |           |                      |
| 2 |                 |                 |     |                      |                 |                 |     |                     |       |                             |           |                      |
| 3 |                 |                 |     |                      |                 |                 |     |                     |       |                             |           |                      |
| 4 |                 |                 |     |                      |                 |                 |     |                     |       |                             |           |                      |



3-расм

|   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

2. Схема ўзгармас ток манбаига (1-ҳолат) уланади. Амперметр ва вольтметр ёрдамида ток кучи ва кучланиш ўлчаб олинади.  $R = \frac{U}{I}$  формуладан ғалтакнинг актив қаршилиги ҳисоблаб топилади.

3. Схема ўзгарувчан ток манбаига (2-ҳолат) уланади. Бунда ток ва кучланишнинг эффектив қийматлари ўлчанади ва  $z = \frac{U_{\text{эф}}}{I_{\text{эф}}}$  формула ёрдамида ҳисобланади. Сўнгра

бу формуладан фойланиб кучланиш ва ток кучининг 5 хил қийматлари учун  $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5$  лар ҳисоблаб топилади.

4. (20) формулага  $z$  ва  $R$  нинг ўртача қийматларини қўйиб индуктивлик генрилар ( $Gн$ ) топилади.

5. (21) формула ёрдамида  $tg\varphi$  ва у орқали  $\varphi$  нинг қиймати топилади.

6. Ғалтакка темир ўзак киритилади ва 3-4 бандларда кўрсатилган тажрибалар такрорланади. Бунда топилган катталиклар ёрдамида ўзакли ғалтакнинг индуктивлиги ( $L_{\text{ўзакли}}$ ) аниқланади. Сўнгра  $\mu = L_{\text{ўзакли}} / L_{\text{ўзаксиз}}$  формула ёрдамида  $\mu$  топилади.

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Электромагнит индукция ва ўзиндукция ҳодсиларини тушунтириб беринг.
2. Ўзиндукция ЭЮК ва ғалтак индуктивлиги формуласини ёзинг. Индуктивлик бирлиги қандай аниқланади.
3. Индуктив қаршилиқнинг вужуга келиши сабабини тушунтиринг.
4. Актив ва индуктив қаршилиги бўлган ўзгарувчан ток занжир учун Ом қонунини ёзинг.
5. Индуктив қаршилиқдаги кучланиш тушиши билан оқиб ўтаётган ток орасидаги фаза силжишини тушунтиринг.
6. Ўзгарувчан ток мазмунини ҳамда ўзгарувчан ток кучи ва кучланишнинг эффектив қийматларининг қандай аниқланишини тушунтиринг.

### АДАБИЁТ

1. Назаров Ў.Қ. «Умумий физика курси» 2-қисм (Электр ва электромагнетизм) Тошкент, «Ўзбекистон», 2002 йил.
2. Сафаров А.С. «Умумий физика курси» (Электромагнетизм ва тўлқинлар), Тошкент, «Ўқитувчи», 1992 йил.
3. М.Исмоилов, П.Хабибуллаев, М.Халиулин «Физика курси» «Ўзбекистон», Тошкент, 2000 йил.
4. Ахмаджонов О.И. Физика курси, «Электр ва магнетизм» 2-қисм, «Ўқитувчи», Тошкент, 1989 йил.
5. Ҳайдарова М.Ш., Назаров Ў.Қ. «Физикадан лаборатория ишлари», Тошкент, «Ўқитувчи» 1989 йил.

6. В.И. Козлов. Общий физический практикум. Электричество и магнетизм  
Москва, 1987 г.

## 8 – ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ ЕРНИНГ МАГНИТ МАЙДОН ИНДУКЦИЯСИНИНГ ГОРИЗОНТАЛ ТАШКИЛ ЭТУВЧИСИНИ ТАНГЕНС-БУССОЛ ЁРДАМИДА АНИҚЛАШ.

**Ишдан мақсад:** Ер магнит майдони хусусиятини ўрганиш.

**Керакли асбоб ва буюмлар:** тангенс-буссол, ўзгармас ток манбаи, реостат, амперметр, қайта улагич (переключатель).

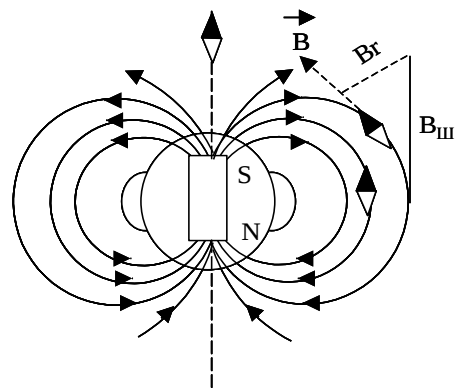
### НАЗАРИЙ ҚИСМ

Ер атрофида магнит майдони мавжудлиги инсонларга жуда қадимдан маълумдир. Шунинг учун ҳам Ерни жуда катта магнитга ўхшатиш ёки Ер марказида жойлашган  $ML$  магнит диполи мавжуд деб қараш мумкин. Бу магнит диполнинг магнит қутблари Ернинг географик қутбларига яқин жойлашган. Лекин Ернинг магнит майдонинг жанубий қутби ( $S$ ) шимолий географик қутбга яқин, шимолий қутби ( $N$ ) унинг жанубий географик қутбига яқин жойлашган. Магнит диполнинг майдон индукция ( $\vec{B}$ ) чизиқларининг манзараси ва йўналиши тажриба асосида аниқланган бўлиб, 1-расмда тасвирланган. Демак, Ер сирти атрофини магнит майдони ўраб олган экан.

Буни 1-расмда тасвирланган кичкина магнит стрелкаларининг ҳар хил йўналишда жойлашиши тасдиқлайди. Масалан, Ернинг магнит қутбларида магнит стрелка Ер сиртига тик йўналган бўлса, Ер экваторига мос келувчи нуқталарда горизонтал жойлашади. Ер сиртининг бошқа ихтиёрий нуқталарида эса, магнит стрелка магнит майдон индукция чизиқларига уринма равишда йўналган бўлади. 1-расмдаги  $\vec{B}$  – Ернинг магнит майдон индукцияси,  $\vec{B}_r$  – унинг горизонтал ташкил этувчиси.

Ернинг магнит майдон индукцияси вектори  $\vec{B}_r$  нинг горизонтал текисликка проекцияси Ернинг магнит майдони индукция векторининг горизонтал ташкил этувчиси  $\vec{B}_r$  дейилади. Ер магнит майдон индукцияси йўналиши билан горизонтал ташкил этувчиси орасидаги бурчак ( $\beta$ ) магнит энкайиши дейилади.

Ер сиртида шундай жойлар борки, бу жойларда магнит майдони индукцияси бошқа жойлардаги майдон индукциясидан кескин фарқ қилади. Бундай жойлар магнит аномалияси мавжуд бўлган жойлар дейилади. Магнит аномалиясининг



1-расм

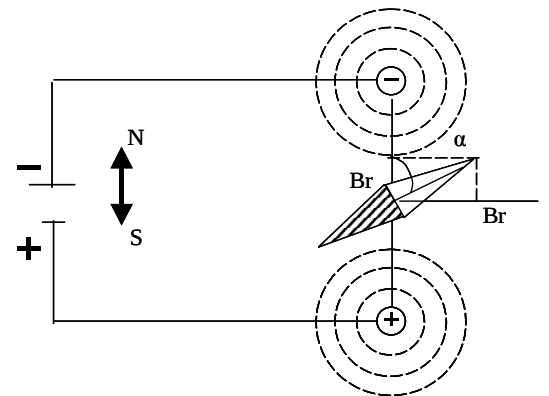
мавжудлиги шу жойларда темир рудаси тўпланганлигини билдиради. Ер шарининг ҳар бир нуқтасидаги Ер магнетизми элементлари вақт ўтиши билан аста-секин ўзгариб бориши мумкин. Аммо, шундай пайтлар бўладик, Ернинг магнит майдони бир неча соат ичида кескин ўзгаради. Бу ҳодисага магнит бўрони дейилади. Магнит бўронининг вужудга келиши Қуёш активлигининг ўзгариши билан боғлиқ бўлиб, Ер шароитидаги ҳаётга салбий таъсир этиши мумкин.

Ернинг магнит майдонини тадқиқ қилувчи жуда кўп асбоблар мавжуд. Шундай асбоблардан бири ва энг оддийси компасдир. Компас вертикал ўқ атрофида айлана оладиган магнит стрелка бўлиб ўқ атрофида айланиши магнит майдон индукциясининг горизонтал ташкил этувчиси ( $\vec{B}_r$ ) нинг таъсирига асосланган. Бу таъсир натижасида компас стрелкасининг бир учи шимолни (Ш) иккинчи учи жанубни (Ж) кўрсатади.

Ернинг магнит майдон индукциясининг горизонтал ташкил этувчисини аниқлаш учун тангенс-буссолдан фойдаланамиз. Тангенс-буссол (ТБ) R-радиусли n-та ўрамли ва марказида компас жойлашган ясси вертикал ғалтакдан иборат қурилмадир. (R ва n нинг қийматлари (ТБ) да кўрсатилган).

Ўзгармас ток манбаига уланган тангенс-буссолнинг ишлаш принципи билан танишиб чиқайлик. 2-расмда токка уланган тангенс-буссолнинг кесими тасвирланган. Айлана кўринишидаги пунктир чизиклар магнит майдон индукция чизикларини, унинг марказидаги мусбат ишора токнинг чизма текислигининг орқа томонидаги нуқта эса, токнинг биз томонга қараб йўналганлигини билдиради.

Агар занжирда ток мавжуд бўлмаса, магнит стрелкаси магнит меридиани NS йўналишида бўлади. Магнит майдоннинг горизонтал ташкил этувчиси йўналишига мос келган йўналиши магнит меридиани дейилади. Тангенс-буссол ўрамларидан ўзгармас электр токи ўтаётган бўлса, магнит стрелка дастлабки ҳолатидан бирор  $\alpha$  бурчакка оғади. Бунга сабаб магнит стрелкасига Ернинг магнит майдони



2-расм.

индукциясидан ёки аниқроқ айтганда, унинг горизонтал ташкил этувчиси  $\vec{B}_r$  дан ташқари, айлана шаклдаги ўрамлардан ўтаётган ток кучининг ғалтак марказида ҳосил қилинган магнит майдон индукцияси  $\vec{B}_0$  ҳам таъсир қилишидадир. 2-расмдан бурчак тангенси учун қуйидаги ифодага эга бўламиз.

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

Бу ифодадан Ернинг магнит майдони индукциясининг горизонтал ташкил этувчиси ( $\vec{B}_r$ ) топилади.

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

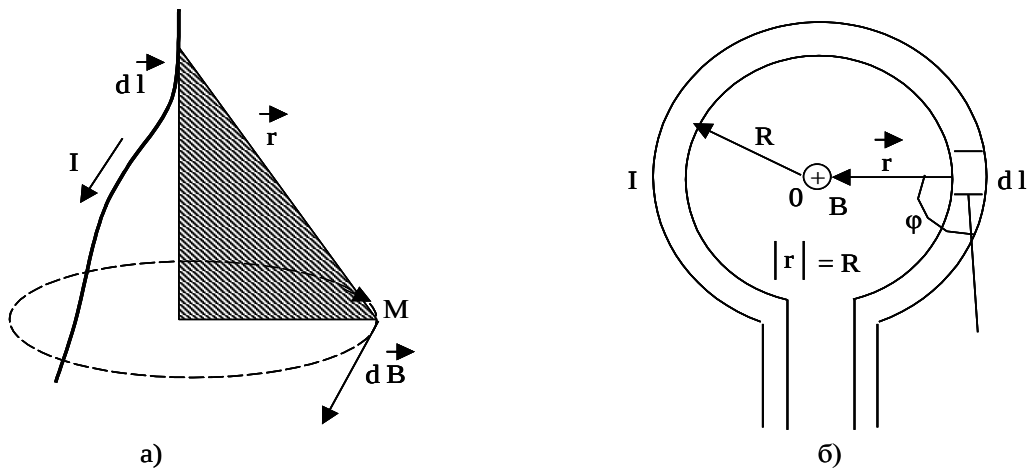
бу ердаги  $\vec{B}_0$  катталики Био-Савар-Лаплас қонунидан фойдаланиб аниқланади. Бунинг учун ихтиёрий шаклдаги  $\ell$  узунликдаги токли ўтказгични кўриб чиқайлик (3 а-рasm). Ўтказгичдан  $\vec{r}$  масофада жойлашган М нуқтадаги магнит майдон индукциясини аниқлаш учун шу ўтказгични  $d\ell$  бўлақларга бўламиз.  $I d\ell$  катталики ток элементи деб аталади. Ҳар бир ток элементнинг М нуқтада ҳосил қилган майдон индукцияси  $dB$  ни Био-Савар-Лаплас қонунига асосан қуйидаги формула орқали ифодалаш мумкин.

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

бу ерда  $\varphi$  -  $\vec{r}$  ва  $d\vec{\ell}$  орасидаги бурчак,  $\mu_0$ -магнит доимийси  $\left(\mu_0 = 12,56 \cdot 10^{-12} \frac{\Gamma_H}{\text{м}}\right)$ . М нуқтада  $\ell$  узунликдаги токли ўтказгич ҳосил қилган натижавий магнит майдон индукциясини аниқлаш учун (3) ифодани бутун  $\ell$  узунлик бўйича интеграллаш лозим бўлади.

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

Био-Савар-Лаплас қонунини айлана шаклдаги ўтказгичдан ўтаётган токнинг шу айлана марказида ҳосил қилган майдон индукциясини аниқлашга татбиқ этайлик (3 б-рasm). Бу чизмадан кўринадики  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\sin\varphi = \sin 90^\circ = 1$  шунингдек  $r = R$



3-рasm

У ҳолда айлана шаклидаги токли ўтказгичнинг айлана марказида ҳосил қилган майдон индукцияси

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

кўринишга келади. Интеграллаш амалини бажариб

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

ифодага эга бўламиз. Бу қиймат битта айлана токнинг марказида (бизнинг ҳол учун тангенс-буссол марказида ҳосил бўлаётган магнит майдон индукциясини

ифодалайди.  $B_0$  нинг СИ даги ўлчов бирлиги тесла Тл бўлади. Умумий ҳолда, яъни тангенс-буссолдаги сим ўрамлар сони  $n$ -га тенг бўлганда (6) ифода,

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

кўринишда ёзилади. Бу ифодани (2) га қўйиб, Ернинг магнит майдони индукциясининг горизонтал ташкил этувчисини аниқлаш формуласига эга бўламиз.

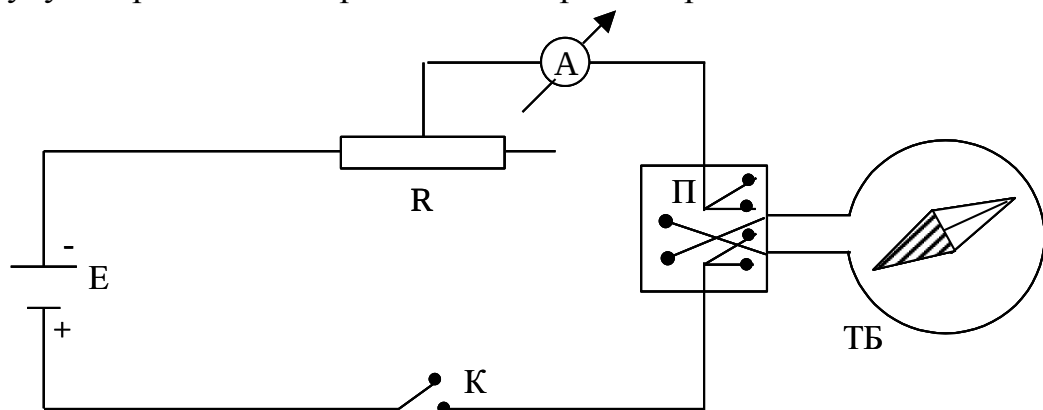
$$B_r = \frac{n\mu_0 I}{2R \tan \alpha} \quad (8)$$

Агар  $\frac{2RB_r}{n\mu_0} = C$  белгилаш киритсак. (8) ифода

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

кўринишга келади.  $C$ -тангенс-буссол доимийси дейилиб магнит майдони ўлчаниши лозим бўлган бирор географик кенгликда қўлланиладиган тангенс-буссол учун у ўзгармас катталиқдир.

Ернинг магнит майдон индукциясининг горизонтал ташкил этувчисини аниқлаш учун 4-расмда тасвирланган электр занжири йиғилади.



4-расм

Бу расмда ТБ-тангенс-буссол,  $R$  -реостат,  $E$  -ток манбаи,  $K$ -калит  $\Pi$ -қайта улагич (переключатель),  $A$ -амперметр. Бу ишда айланаси бўйлаб бир неча ўрам сим ўралган катта диаметрли айланасимон ёғоч каркас тангенс-буссол вазифасини ўтайди. Каркас марказида ғилоф ичида горизонтал текисликда эркин айлана оладиган стрелкани арретирдан қутичадаги махсус ричагини бураш йўли билан осонгина бўшатиш мумкин.

#### ***Ишни бажариш тартиби***

1. 4-рамда кўрсатилган электр занжир йиғилади.
2. Магнит стрелка арретирдан бўшатилади ва тангенс-буссол шундай ўрнатиладики, ғалтак текислиги магнит меридиани йўналишда жойлашган бўлсин. Бунда стрелканинг бир учи  $0^\circ$  ни, иккинчи учи эса  $180^\circ$  ни кўрсатади.

3. Схема текширилгандан сўнг электр занжир ток манбаига уланади.

4. R-реостат ёрдамида 0,2 А га тенг ток кучи танланиб, бундай токда стрелканинг ҳар икки учининг магнит меридиани йўналишидан оғиш бурчаклари қийматлари  $\alpha_1$  ва  $\alpha_2$  ёзиб олинади.

5. Қайта улагич ёрдамида токнинг йўналиши ўзгартирилиб, токнинг 0,2 А қиймати учун стрелка учларининг қийматлари ёзиб олинади. Оғиш бурчакларининг тўрттала қийматларига кўра уларнинг ўртача қиймат миқдори аниқланади.

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

Шу тартибда ток кучининг 0,3 А, 0,4 А ва 0,6 А қийматлари учун ҳам 4 ва 5 бандларда кўрсатилган машқлар такрорланади.

6. (8) формуладан фойдаланиб ҳар бир ўлчаш учун Ернинг магнит майдон индукциясининг горизонтал ташкил этувчиси ҳисобланади. Сўнгра  $B_r$  нинг ўртача қиймати ва бу қийматдаги абсолют ҳамда нисбий хатоликлар аниқланади.

7. (9) формула ёрдамида тангенс-буссол доимийси С ҳисоблаб топилади. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижадари қуйидаги жадвалга ёзилади.

**1- жадавал**

| № | I (A) | Стрелканинг оғиши |            |            |            |               | $tg \alpha$ | $B_r$ | $\Delta B_r$ | $\frac{\Delta B_r}{B_r}$ | C | $\Delta C$ |
|---|-------|-------------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|-------|--------------|--------------------------|---|------------|
|   |       | $\alpha_1$        | $\alpha_2$ | $\alpha_3$ | $\alpha_4$ | $\alpha_{yp}$ |             |       |              |                          |   |            |
| 1 | 0,2   |                   |            |            |            |               |             |       |              |                          |   |            |
| 2 | 0,3   |                   |            |            |            |               |             |       |              |                          |   |            |
| 3 | 0,4   |                   |            |            |            |               |             |       |              |                          |   |            |
| 4 | 0,5   |                   |            |            |            |               |             |       |              |                          |   |            |

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Ернинг магнит майдони индукция вектори қандай йўналган. Магнит аномалияси қандай ҳодиса.

2. Ернинг магнит майдони индукциясининг горизонтал ташкил этувчиси деб нимага айтилади.

3. Ғалтак ўрами текислигини магнит меридиани йўналишида ўрнатишнинг қандай зарурияти бор.

4. Био-Савар-Лаплас қонунини тушунтиринг ва унинг умумий формуласини ёзинг.

5. Ернинг магнит майдон индукциясининг горизонтал ташкил этувчисини аниқлайдиган (8) формулани келтириб чиқаринг.

6. Тангенс-буссол доимийси қандай катталикларга боғлиқ.

### АДАБИЁТ

1. Назаров Ў.Қ. «Умумий физика курси» 2-қисм (Электр ва электромагнетизм)

Тошкент, «Ўзбекистон», 2002 йил.

2. Сафаров А.С. «Умумий физика курси» (Электромагнетизм ва тўлқинлар),

Тошкент, «Ўқитувчи», 1992 йил.

3. М.Исмоилов, П.Хабибуллаев, М.Халиулин «Физика курси» «Ўзбекистон»,

Тошкент, 2000 йил.

4. Ҳайдарова М.Ш., Назаров Ў.Қ. «Физикадан лаборатория ишлари», Тошкент, «Ўқитувчи» 1989 йил.
5. В.И. Козлов. Общий физический практикум. Электричество и магнетизм Москва, 1987 г.

## 9-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ ЭЛЕКТРОННИНГ СОЛИШТИРМА ЗАРЯДИНИ МАГНЕТРОН УСУЛИ ЁРДАМИДА АНИҚЛАШ

**Ишдан мақсад:** Электрон зарядининг қийматини аниқлаш.

**Керакли асбоб ва буюмлар:** магнетрон, ўзгармас ток манбаи, вольтметр, амперметр, гальванометр, ғалтак, реостатлар.

### НАЗАРИЙ ҚИСМИ

Магнит майдонида ҳаракатланаётган зарядланган зарраларга майдон томонидан куч таъсир этишини голландиялик физик Х.Лоренц микдорий жиҳатдан аниқлаган. Бу куч кейинчалик Лоренц кучи деган ном олди. Лоренц кучи қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

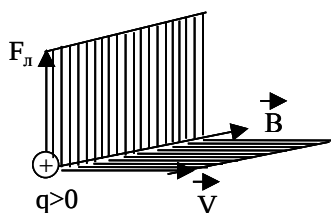
$$F_L = q \cdot v \cdot B \sin \alpha = q \cdot v \cdot B \cdot \sin(\vec{v} \times \vec{B}) \quad (1)$$

Бу ерда  $F_L$ -Лоренц кучи,  $q$ -ҳаракатланаётган зарра заряди,  $v$ -зарра тезлиги,  $B$ -магнит майдон индукцияси,  $\alpha$ -зарра тезлигининг йўналиши билан индукция вектори  $\vec{B}$  йўналиши орасидаги бурчак. Демак, магнит майдонда ҳаракатланаётган зарядли заррага таъсир қилувчи Лоренц кучи заряд миқдори  $q$  га, зарра тезлиги  $v$  га, магнит майдон индукцияси  $B$  га, ҳамда  $\vec{v}$  ва  $\vec{B}$  векторлар орасидаги бурчак синусига пропорционал экан. Лоренц кучи ифодасини вектор кўринишда қуйидагича ёзиш мумкин.

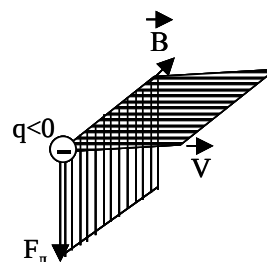
$$\vec{F}_L = q[\vec{v} \times \vec{B}] \quad (2)$$

Лоренц кучининг йўналиши (2) формулага асосан қуйидагича аниқланади. бу куч  $\vec{v}$  ва  $\vec{B}$  векторлар вужудга келтирган текисликка шундай тартибда перпендикуляр йўналган бўладики,  $\vec{F}_L$  векторининг учидан қаралганда  $\vec{v}$  дан  $\vec{B}$  га ўтишдаги энг қисқа масофа соат стрелкаси йўналишига тескари йўналишда бўлиши керак.

1-а-расмда мусбат зарядга, 1-б-расмда эса манфий зарядга таъсир этувчи Лоренц кучининг йўналиши тасвирланган. Агар зарядланган зарранинг ҳаракат йўналиши магнит индукция чизиқларига перпендикуляр бўлса, таъсир қилаётган Лоренц кучи максимал қийматга эга бўлади. ( $\sin 90^\circ = 1$ )  $F_L = qvB$



а)

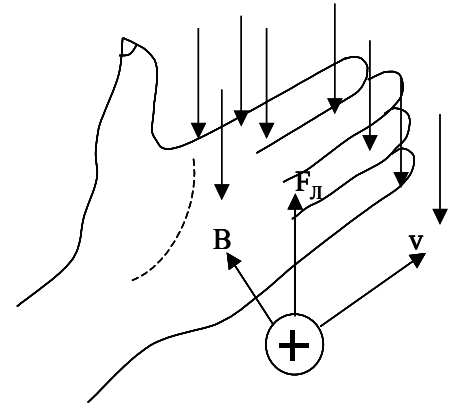


б)

## 1-расм

Лоренц кучининг йўналиши чап қўл қоидаси ёрдамида ҳам аниқлаш мумкин: чап қўлни шундай тутиш керакки, магнит майдонинг индукция чизиқлари кафтимизга перпендикуляр тушаётган бўлиб, тўртта бармоқ эса ток йўналишида бўлса, унда  $90^\circ$  қилиб ёйилган бош бармоқ ўтказгичга таъсир этаётган Лоренц кучининг йўналишини кўрсатади. (2-расм)

Лоренц кучи қуйидаги ўзига хос хусусиятларга эга: 1) у фақат ҳаракатдаги зарядларга таъсир қилади. 2) у ҳаракатдаги заряд тезлиги ( $\vec{v}$ ) нинг сон қийматини ўзгартирмайди, яъни иш бажармайди: 3) у заряднинг фақат ҳаракат траекториясини ўзгартиради. Мисол тариқасида бир жинисли магнит майдонига ( $\vec{v}$ ) тезлик билан перпендикуляр тушаётган  $q$  мусбат заряднинг ҳаракатини текшириб кўрайлик. Лоренц кучи заряд тезлигига перпендикуляр йўналганлиги сабабли унинг траекторияси айлана кўринишига эга бўлади. Лоренц кучи айлана маркази томон йўналган бўлиб (чап қўл қоида сига кўра),



2-расм

марказга интилма куч  $F_M = \frac{mv^2}{R}$  вазифасини бажаради: бунда  $m$ - зарядланган зарра массаси,  $\vec{v}$ -заррача тезлиги,  $R$ -айлана радиуси (3-расм) Ньютоннинг 2-қонунига кўра Лоренц кучи марказга интилма кучга тенг бўлади, яъни:

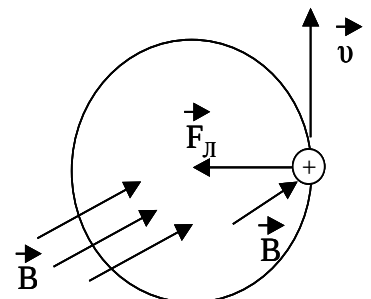
$$\frac{mv^2}{R} = qv B \quad (4)$$

ёки бундан

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

ифода келиб чиқади.

Агар заррача заряди электрон зарядига, заррача массаси эса электрон массасига тенг бўлса  $q=q_e$  ва  $m=m_e$  ва  $q_e/m_e$  нисбатга электроннинг солиштирма заряди дейилади. 3-расмдаги  $X$  белги магнит майдон индукциясининг йўналишини (расмда у чизма текислигининг орқа томонига йўналган)  $+$  белги мусбат ишорали зарядини,  $\vec{v}$  - шу заряднинг тезлигини ифодалайди.

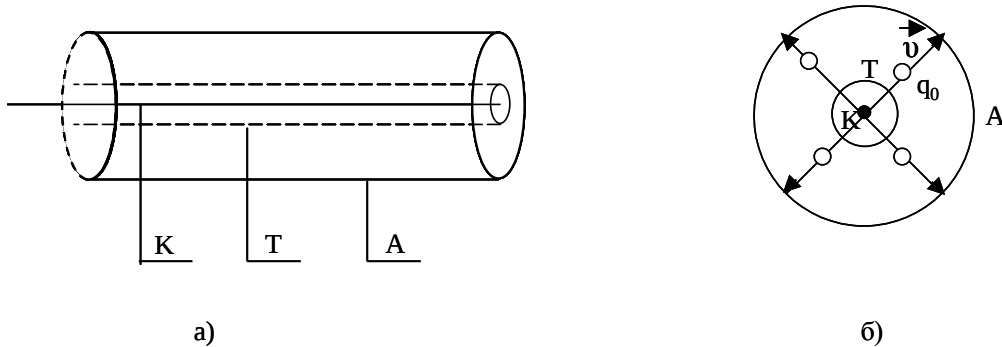


3-расм

Бу ишдан мақсад электроннинг солиштирма зарядини аниқлашдир. (5) ифодага кўра  $q_e/m_e$  - электроннинг солиштирма зарядини аниқлашда электроннинг тезлигини, магнит майдон индукциясини ва электроннинг ҳаракат траекториясининг

радиусини билиш лозим. Бунинг учун электроннинг электр ва магнит майдон таъсиридаги ҳаракатини ўрганиш лозим бўлади. Бунинг учун магнетрон усулидан фойдаланиш мумкин.

Магнетрон деб махсус тузилишга эга бўлган, ичидан ҳавоси сўриб олинган уч электродли электрон курилмага айтилади. Бу электродлар катод (ингичка тола кўринишида), тўр ва анод (цилиндрсимон кўринишдадир). 4-а расмда магнетрон тузилишнинг умумий кўриниши, 4-б расмда эса кесим қирқими ва ундаги катоддан учиб чиқаётган электронларнинг электростатик майдон таъсиридаги ҳаракати тасвирланган: бу ерда К-катод, Т-тўр, А-анод.



4 - расм

Анод билан тўр ўзаро туташтирилиб, уларга бир хил потенциал берилади, бунда улар орасидаги майдон бир хил потенциалли майдон бўлади. Қиздирилган катоддан термоэлектрон эмиссия ҳодисасига мувофиқ электронлар учиб чиқади. Тўр билан катод оралиғига электростатик майдон берилган бўлганлиги ва катодга жуда яқин нуқталарда майдон кучланганлиги жуда катта қийматга эга эканлиги сабабли, катоддан ажралиб чиқаётган электронларга тўр томон йўналган радиал куч таъсир этади. Бу электростатик майдон кучи таъсирида электронлар катоддан тўрға етиб боргунча ўз тезликларини орттириб борадилар. Электронларнинг бошланғич тезликлари нисбатан кичик қийматга эга эканликлари учун эътиборга олмасак, электроннинг тўрдан ўтаётган пайтдаги тезлиги  $v$  ни энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланиб аниқлаш мумкин. Бунда электроннинг кинетик энергиясини тўр билан катод орасидаги майдоннинг электронни кўчиришда

бажарган ишига тенглаштирамиз:  $\frac{m_e v^2}{\lambda} = q_0 U$

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

ифодага эга бўламиз. Тўрдан чиққан электронлар ўзгармас тезлик билан ҳаракатланиб анодга етиб боради ва  $I_a$  анод токини ҳосил қилади. Тўр ва анод бир хил потенциалга эга бўлганлиги сабабли улар орасидаги электростатик майдонни ўтишда электроннинг тезлиги ўзгармайди. (6) ва (5) ифодаларни квадратга ошириб, тезлик квадратлари қийматларини тенглаштирадик, қуйидаги тенгликка эга бўламиз.

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

Ушбу лаборатория ишида (7) формула ёрдамида  $q_e/m_e$  нисбатни аниқлаш учун магнетронга кийгизилган ғалтак (соленоид) сими ўрамларидан электр токи ўтказилади. Бу ток соленоид токи  $I_a$  деб аталади. Соленоид токи магнетроннинг ичида соленоид ўқи бўйлаб йўналган бир жинисли магнит майдонни ҳосил қилади. Бу майдон индукцияси қуйидаги ифодадан топилади.

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

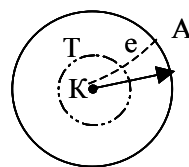
бу ерда  $B$ -магнетрон ичида вужудга келган магнит индукцияси,  $n$ -соленоиддаги ўрамлар зичлиги (узунлик бирлигига мос келувчи ўрамлар сони)  $\mu_0$  магнит доимийси.

Магнетронда магнит майдон мавжудлиги туфайли Лоренц кучи вужудга келиб электронларнинг ҳаракат траекториясига таъсир қилади. Бунинг натижасида ҳаракат траекторияси эгрилана бошлайди. (5-а-расм) Шуни таъкидлаш лозимки, катод билан тур оралиғида электроннинг траекторияси тўғри чизиқ шаклида қолади деб ҳисоблаш мумкин. Траектория фақат тўр билан анод оралиғида эгриланади.

Айтилганларни қуйидагича тушунтириш мумкин, катод билан тўр оралиғи жуда кичик бўлиб, электр майдоннинг таъсири магнит майдон таъсирига нисбатан жуда катта бўлади: тўр билан анод оралиғидаги бўшлиқда эса, электроннинг ҳаракатига таъсир қилувчи электр майдон йўқ. Бунда электронлар ўз энергияси билан ҳаракатланади ва уларга фақат магнит майдон таъсир кўрсатади.

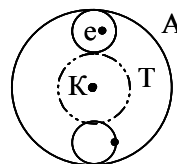
Агар соленоид оркали ўтаётган ток кучи  $I_c$  нинг қийматини оширсак, магнит майдон индукцияси ҳам катталашиб, натижада Лоренц кучининг таъсири янада ортади ва электроннинг траекторияси янада кўпроқ эгрилана бошлайди.  $I_c$  нинг қийматини янада катталаштирсак шундай вазият вужудга келиши мумкинки, унда тўрдан ўтаётган электроннинг жуда кўп қисми (90 - 95 %) анодга жуда яқинлашиб айлана чизган ҳолда тўрга қайта туша бошлайди (5-б-расм). Магнит индукциясининг бундай ҳолатга мос келувчи қиймати критик қиймат  $B_{кр}$  дейилади. Соленоид токининг янада ортишида, яъни  $B > B_{кр}$  да электронлар анодга етиб бормайди. (5-в-расм) натижада анод токи қиймати нолга интилади.

Умуман, анод токи қиймати тамомила нолга тенглашмайди, чунки катта тезликка эга бўлган тасодифий электронлар мавжуд бўлиб, улар анодга етиб бориши мумкин.



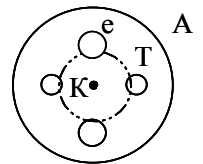
0 < B < B<sub>кр</sub>

а)



B = B<sub>кр</sub>

б)



B > B<sub>кр</sub>

в)

5-расм

Бу ишда (8) формуладаги,  $B$  нинг қиймати олинади. Электрон траекториясининг радиуси ( $R$ ) тўр билан анод орсидagi масофанинг ярмисига тенг

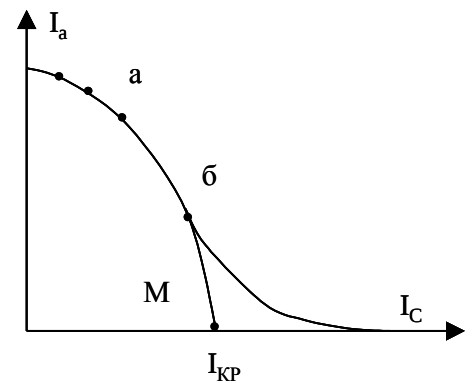
бўлади, яъни  $R=v/2$  бунда в-тўр ва анод орасидаги масофа.  $B_{KP}$  майдон индукциясига тўғри келадиган соленоид токи критик ток бўлади.  $I_C = I_{C(KP)}$

Шундай қилиб, (7) ифода қуйидаги кўринишга келади.

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

(9) ифода ёрдамида электроннинг солиштирма заряди ҳисоблаб топилади. Соленоид токининг қийматини топиш учун анод токининг соленоидга боғлиқлик графиги чизилади (6-расм).

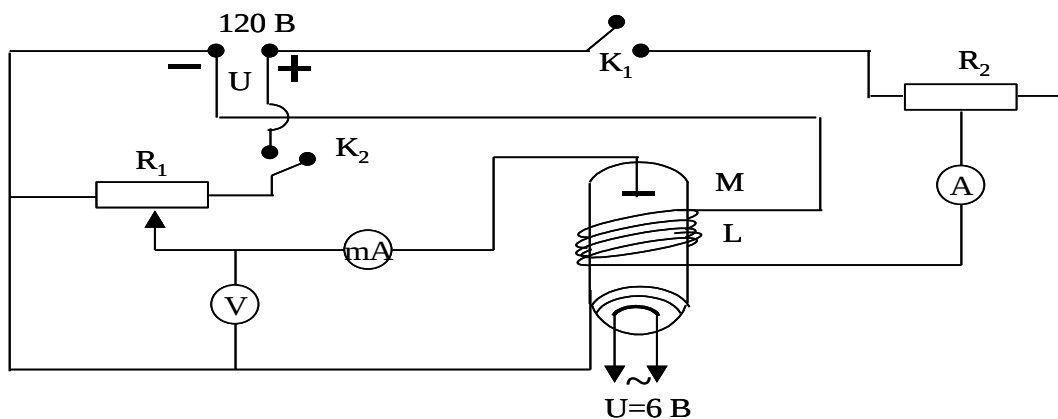
Катоддан чиқаётган электронларнинг кўп қисми бир хил тезлика яқин қийматга эга бўлаганлиги сабабли соленоид токининг маълум қийматида анод токи жуда тез камаяди. Соленоид токининг  $I_{C(KP)}$  критик қийматини аниқлаш учун шу графикдан фойдаланамиз. Бунинг учун график чизиғининг энг тик (ав) қисмини то абсцисса ( $I_C$ ) ўқи билан кесишгунча давом эттирилади. (М-нукта) М-нуктага мос келган соленоид токи критик ток бўлиб, унинг қиймати (9) формуласига қўйилади.



6 - расм

(9) ифодадаги  $n$  ўрамлар зичлиги ва  $v$  масофа қийматлари учун мос равишда.  $n=1,8 \cdot 10^4$  ўрам/м,  $v=3,25 \cdot 10^{-3}$  м

Лаборатория ишининг электр схемаси 7-расмда тасвирланган.



7 - расм

Бу ерда V-вольтметр, анод билан катод оралиғидаги кучланишни ўлчайди, бу кучланиш  $R_1$  реостат ёрдамида бошқарилади: миллиамперметр-анод токини ўлчайди, A-амперметр, M-магнетронга кийгизилган соленоид L- (ғалтак) ўрамларидан ўтаётган ток кучини кўрсатади, бу ток  $R_2$  реостат ёрдамида бошқарилади,  $K_1$  ва  $K_2$  лар - калитлар.

**Ишни бажариш татиби**

1. 7-расмдаги умумий схема йиғилади. Олинган натижаларни ёзиш учун қуйидаги жадвал чизилади. Потенциометр ва реостатларнинг сургичлари кучланиш минимал бўладиган ҳолатларга қуйилади.

1- жадвал

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

2.  $K_1$  ва  $K_2$  калитлар уланмаган пайитда 6 В ва 120 В кучланиш манбаи занжирга уланади. Магнетрон қизигунча 1-2 минут кутилади. Катодни қиздириш учун лозим бўлган кучланиш тўғридан-тўғри уланган бўлади.

3.  $K_1$  калит уланади.  $R_1$  потенциометрнинг сургич ёрдамида анод кучланиш 70-100 В га қуйилади. Бунда анод токи бирор максимал қийматга эга бўлади.

4.  $K_2$  калит уланади.  $R_2$  реостатнинг сургичи ёрдамида соленоид токи 0,1 А дан (0,2: 0,3: 0,4: 0,5 ....) ошириб борилади. Соленоид токининг ҳар бир қийматига мос келган анод токи аниқланади ва улар жадвалга ёзиб борилади

5.  $I_a$  анод токи билан  $I_c$  соленоид токи орасидаги боғланиш графиги чизилади. Графикнинг тик камайиш жойи абсцисса ўқини кесиб ўтгунча давом эттирилади ва  $I_{c\text{кр}}$  ток топилади.

6. (9) формула ёрдамида электроннинг солиштирма заряди аниқланади. Олинган натижалар жадвалга ёзиб борилади.

### НАЗОРТ САВОЛЛАРИ

1. Лаборатория ишни бажаришдан қўйилган мақсаднинг моҳиятини тушунтиринг.
2. Лоренц кучи формуласини ёзинг ва бу кучнинг йўналиши қандай топилишини таърифланг.
3. Магнетрон ичидаги электроннинг ҳаракат траекториясини чизинг ва тушунтиринг.
4. Нима учун соленоид токининг маълум бир қийматида электронлар анодга етиб бормади.
5.  $I_a$  – анод токининг  $I_c$  – соленоид токига боғлиқлик графигини тушунтиринг.
6. Соленоиднинг В майдон индукцияси қандай аниқланади.
7. Ишнинг электр схемасини чизинг ва унинг ишлаш принципини тушунтиринг.
8. (9) формулани келтириб чиқаринг.

### АДАБИЁТ

1. Назаров Ў.Қ. «Умумий физика курси» 2-қисм (Электр ва электромагнетизм) Тошкент, «Ўзбекистон», 2002 йил.
2. Сафаров А.С. «Умумий физика курси» (Электромагнетизм ва тўлқинлар), Тошкент, «Ўқитувчи», 1992 йил.
3. М.Исмоилов, П.Хабибуллаев, М.Халиулин «Физика курси» «Ўзбекистон», Тошкент, 2000 йил.
4. Ахмаджонов О.И. Физика курси, «Электр ва магнетизм» 2-қисм, «Ўқитувчи», Тошкент, 1989 йил.

5. Ҳайдарова М.Ш., Назаров Ў.Қ. «Физикадан лаборатория ишлари»,  
Тошкент, «Ўқитувчи» 1989 йил.
6. В.И. Козлов. Общий физический практикум. Электричество и магнетизм  
Москва, 1987 г.

### М у н д а р и ж а

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Электр ўлчов асбобларининг ишлаши билан танишиш.....                                                                                                       | 3  |
| 1 – лаборатория иши. Электротсатик майдонни ўрганиш.....                                                                                                   | 7  |
| 2 - лаборатория иши. Конденсатор сигимини Уитсон кўприги<br>ёрдамида ўлчаш.....                                                                            | 14 |
| 3- лаборатория иши. Гальваник элементларнинг электр юритувчи<br>кучини компенсация усули билан ўлчаш.....                                                  | 21 |
| 4 – лаборатория иши. Чўғланма лампочканинг қаршилигини ва<br>куватини аниқлаш.....                                                                         | 28 |
| 5 - лаборатория иши. Ўтказгичнинг қаршилигини ўзгармас ток<br>кўприги ёрдамида аниқлаш.....                                                                | 34 |
| 6 - лаборатория иши. Электрон лампанинг ишлашини ўрганиш ва<br>катоднинг ҳароратини аниқлаш.....                                                           | 40 |
| 7 – лаборатория иши. Ғалтакнинг индуктивлигини, тўла кучланиш ва<br>ток орасидаги фаза силжишини ҳамда муҳитнинг магнит<br>сингдирувчанлигини аниқлаш..... | 46 |
| 8 – лаборатория иши. Ернинг магнит майдон индукциясининг<br>горизонтал ташкил этувчисини тангенс-буссол ёрдамида<br>аниқлаш.....                           | 52 |
| 9 - лаборатория иши. Электроннинг солиштирма зарядини магнетрон<br>усули ёрдамида аниқлаш.....                                                             | 57 |