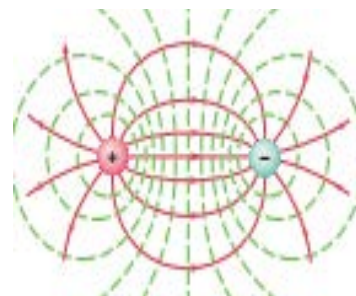
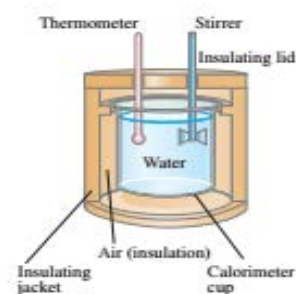
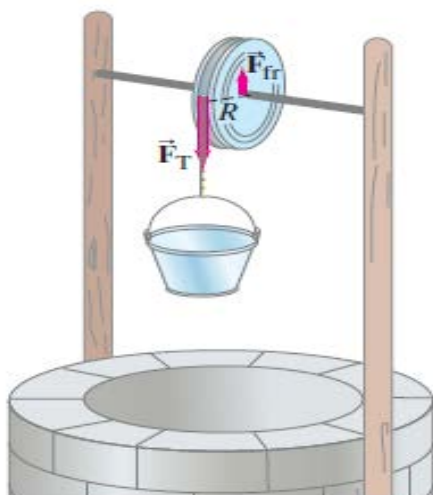
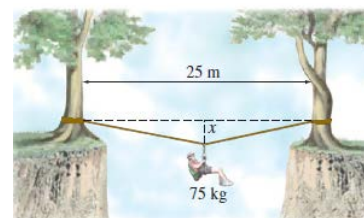
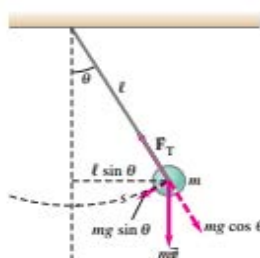
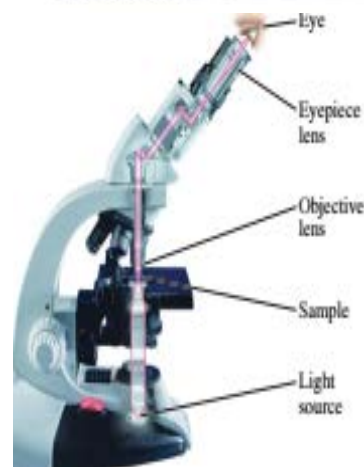
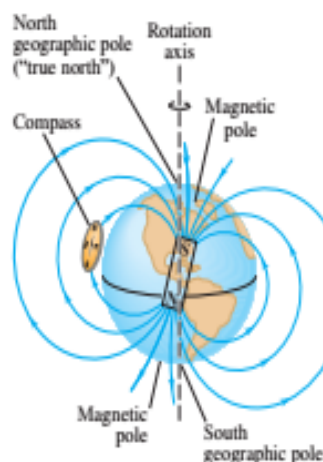
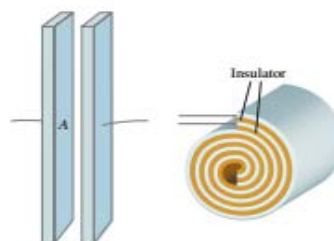
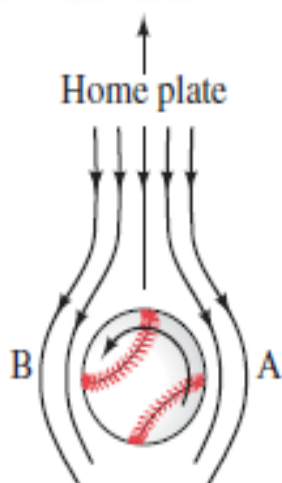


ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
«ФИЗИКА ВА ЭЛЕКТРОТЕХНИКА» КАФЕДРАСИ



ФИЗИКАДАН ЛАБОРАТОРИЯ
ИШЛАРИ ТЎПЛАМИ



Тошкент-2019

**ЎБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА
ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**«ФИЗИКА ВА ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»
КАФЕДРАСИ**

“ТАСДИҚЛАЙМАН”

ТКТИ ўқув ишлари

проректори

Т. Т. Сафаров

“ _____ ” _____ 2019 й.

**“ФИЗИКА» ФАНИДАН
Лаборатория машғулотлар учун
услубий қўлланма**

Тошкент – 2019 й.

*“Физика” фанидан лаборатория машғулотлар учун услубий қўлланма/ Асатов.Ў,
Худайбердиева А, Эрназаров Ш, Хайдаров А. . - Тошкент.: ТКТИ, 2019 .23б .*

Тузувчилар:

Асатов Ў.Т	Тошкент кимё-технология институте «Физика ва электротехника» кафедраси доценти
Худайбердиева А.И	Тошкент кимё-технология институте «Физика ва электротехника» кафедраси доценти
Эрназаров Ш.Н.	Тошкент кимё-технология институте «Физика ва электротехника» кафедраси кат.ўқитувчи
Хайдаров А.	Тошкент кимё-технология институте «Физика ва электротехника» кафедраси кат.ўқитувчи

Такризчилар:

Эшқулов Абдуғани	И.Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Умумий физика» кафедраси доценти, ф.м.ф.н
Тохиров Улуғбек	Мухаммад Ал Хоразимий номидаги Тошкент Ахборот Технологиялар университетининг “Физика” кафедраси катта ўқитувчиси ,

Ушбу услубий қўлланма, ТКТИ “Ёқилғи ва органик бирикмалари кимёвий технологиялар” факултети, “Физика ва электротехника” кафедраси йиғилишида муҳокама қилинган ва факултет Илмий-услубий Кенгашига муҳокама учун тавсия этилган. Баённома №____, ____август 2019 й.

Кафедра мудири, доцент

А.И. Худайбердиева

Ушбу услубий қўлланма, ТКТИ, “Ёқилғи ва органик бирикмалари кимёвий технологиялар” факултети, Илмий-услубий Кенгашида кўриб чиқилган ва Институт ўқув услубий кенгашига муҳокама учун тавсия этилган. Баённома №__, __ август 2019 й.

**Факултет Илмий - услубий
Кенгаши раиси, PhD**

У.Н. Болтабоев

Ушбу маърузалар матни Тошкент кимё технология институти, Ўқув-услубий Кенгашида кўриб чиқилган ва чоп этишга тавсия этилган. Баённома №____, ____ 2019 й.

КЕЛИШИЛДИ:

Ўқув ишлари проректори, доцент

Сафаров Т.Т.

Кириш

Ушбу қўлланмада умумий физика курсининг механика, молекуляр, электр ва магнетизм физика қисми бўйича бажарилиши лозим бўлган лаборатория ишларининг тавсифи берилган. Лаборатория ишлари хориждан келтирилган жихозлардан фойдаланган ҳолда йўлга қўйилган. Лаборатория ишларининг назарий қисмлари илғор чет давлатларда ёзилган ўқув адабиётлардан фойдаланилган ҳолда бойитилган. Ҳар бир лаборатория иши бўйича назарий қисм, бажарилиши лозим бўлган ишнинг моҳияти, ишни бажариш тартиби, ўлчаниши лозим бўлган физик катталиқни ҳисоблаш ифодалари, шунингдек олинган натижаларнинг хатоликларини аниқлаш, унинг ўлчамларини тўғри топиш каби вазифалар талаба олдида қўйилган.

Услубий қўлланма умуман техник олий ўқув юртлари, шу жумладан кимё-технология йўналиши бўйича таълим олувчи бакалаврлар учун мўлжалланган.

Табиат қонунларини, табиатда содир бўладиган турли-туман ҳодисаларни, гарчи уларнинг табиати хилма-хил бўлсада (механика, электр ва атом-физикаси) бу қўрилган ҳодисаларин физика фани ўрганади.

Бу фанни ўрганишнинг турли услублари (маъруза, амалий машғулот ва лаборатория ишлари) мавжуддир.

Асосий ўқитиш усулларида бири бўлган лаборатория машғулотларида:

1. Талабада назариянинг тўғрилигига ишонч ҳосил қилинади.
2. Талаба турли лаборатория ўлчов асбоблари билан танишиб, уларнинг тузилишини, ишлаш жараёнини ўрганади.
3. Бажариладиган лаборатория ишининг моҳиятини билган ҳолда шу ишни ўлчов асбоблари ёрдамида бажаришга ҳамда қандай натижа олишни ўрганади.
4. Талабада тажриба ўтказиш кўникмаси ҳосил қилинади.

Берилган лаборатория ишини бажариш асосида талаба физик жараён, ҳодисалар, қонуниятлар ва уларни характерлайдиган физик катталиқлар тўғрисида тасаввурга эга бўлади.

ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИНИ ЎТКАЗИШДА ТЕХНИКА ХАВФСИЗЛИГИ БЎЙИЧА ҚИСҚАЧА ҚОИДАЛАР

Талаба лаборатория ишини бажаришда қуйидаги қоидаларга риоя қилиши керак:

1. Лабораторияда ишлаганда озодаликка, саранжомликка, тинчликка ва хавфсизлик техникаси қоидаларига риоя қилиш лозим.
2. Машғулот пайтида талаба яқка ўзи тажриба ўтказиш мумкин эмас.
3. Тажрибани ўқитувчининг ижозати билан бошлаш лозим.

4. Ҳар бир лаборатория иши учун лозим бўлган улчагич ва асбоблар шу ишга тегишли жойда бўлиши керак.
5. Лаборатория ишини бажаришда электр қуввати зарур бўлганда ундан фойдаланиш қоидаларига амал қилиш.
6. Ҳар бир лаборатория ишига тегишли қурилма, асбоблар лаборант ва ўқитувчи томонидан текширилиши керак.
7. Ҳар бир талаба ўзига топширилиб бажарилиши лозим бўлган иш ёнида бўлиши керак.
8. Тажриба иши тугатилгандан сўнг талаба олинган натижаларни ўқитувчига кўрсатиши шарт ва лаборатория ишига тегишли бўлган асбоб ва буюмларни лаборантга топшириш керак.

ЛАБОРАТОРИЯ ХОНАСИДА ДАРСЛАРНИНГ ЎТКАЗИЛИШ ТАРТИБИ

Лабораторияда ишлаш учун талаба мустақил ҳолда асосий дарслик, маъруза материаллари ва лаборатория ишлари учун белгиланган кулланмалардан фойдаланиб, тайёргарлик кўради.

Ишни бошлашдан олдин талаба ўқитувчига иш тартибини ва шу ишга доир назарий маълумотларни айтиб бериши керак. Талабанинг жавоби қониқарли деб топилгач, ўқитувчи унга тажрибани бажаришга рухсат беради. Лаборатория иши учун алоҳида лаборатория дафтари ва ўқитувчининг журнали тутилади. Дафтарга тажриба давомида олинган иш натижалари ўз вақтида қайд қилиниб борилади. Лаборатория дафтари асосан қуйидаги тартибда тутилади:

- а) машғулоти ўтказилган кун, ишнинг тартиб рақами ва унинг номи;
- б) лаборатория ишига таълуқли қисқача назарий қисми;
- в) лаборатория ишни бажаришнинг қисқача тафсилоти;
- г) иш бажариладиган қурилманинг чизмаси;
- д) топиладиган физик катталиқнинг формуласи;
- г) олинган натижалар жадвалда қайд қилинган бўлиши керак.

Барча ўлчашлар етарлича юқори аниқликда ўтказилиб, тажриба натижаларини охиригача ҳисоблаб, ўқитувчига кўрсатилади ва ўқитувчи ўз журналига ҳамда талаба дафтарига тегишли белгини қўйиб қўяди.

ФИЗИК КАТТАЛИКЛАРНИ ЎЛЧАШ ВА ХАТОЛИКЛАРНИ ҲИСОБЛАШ

Физика фани бизни ўраб олган моддий дунёдаги ҳодисалар ҳақидаги маълумотларни тажриба орқали йиғади. Лаборатория шароитида бирор ҳодисанинг табиатини ўрганиш мақсадида тажриба ўтказилади. Лаборатория ишларини бажариш давомида талабалар муайян физик

ходисаларни ўрганишдан ташқари ўлчов асбоблари билан танишадилар, ҳисоблашнинг баъзи назарий томонларини (хатоликларни ҳисоблаш) ўрганадилар ва ниҳоят формулага кирган физик катталикларни тажрибада аниқлаш учун ўлчаш ишларини бажарадилар.

Ўлчашлар икки турга бўлинади - бевосита ва билвосита ўлчаш.

1. Бевосита ўлчашда, ўлчанаётган физик катталик тўғридан-тўғри эталон билан ёки тегишли бирликларда даражаланган ўлчов асбоблари билан таққосланади. Бирор масофа оралиғини чизғич, штангенциркуль билан ўлчаш, термометр ёрдамида ҳароратни ўлчаш, амперметр ёрдамида ток кучини ўлчаш бевосита ўлчашга мисол бўлади

2. Билвосита ўлчашда аниқланаётган физик катталик, бевосита ўрганиш мумкин бўлган катталиклар орасидаги боғланишни кўрсатувчи формула орқали ифодаланади. Масалан, жисмнинг зичлиги ρ ни аниқлаш учун бевосита жисмнинг m массаси ва V ҳажмини ўлчаб, сўнгра улар орасидаги қуйидаги $\rho = m/V$ боғланишдан зичлик ҳисоблаб топилади.

Физик катталиклари аниқлаш учун қуйидагиларни кетма-кетлик бажариш керак:

- а) асбобларни ўрнатиш ва текшириш;
- б) асбобларнинг кўрсатишини кузатиш ва ёзиб олиш;
- в) ўлчашлар натижасидан фойдаланиб, аниқланиши керак бўлган физик катталиклари ҳисоблаш;
- г) хатоликни ҳисоблаш.

Ҳар қандай ўлчашлар ҳар доим қандайдир хатолик билан бажарилади. Бу хатоликлар икки турга - систематик ва тасодифий хатоликларга бўлинади.

1. Систематик хатолик ҳамма вақт мавжуд бўлган хатоликдир. Асбобнинг аниқлик даражасидан ва танланиш усулидан келиб чиқадиган хатоликлар, формулалардаги физик катталикларнинг жадвалда (зичлик, солиштирма қаршилиқ ва бошқалар) берилган тақрибий қийматларни олганда систематик хатоликка йўл қўйилади. Масалан, эркин тушиш тезланишини $g=9,78 \text{ м/с}^2$; $9,81 \text{ м/с}^2$ ёки синдириш кўрсаткичини $n=1,3$ шаклларда олсак, систематик хатоликка йўл қўйилади. Ўлчаш услубининг аниқлигини ошириб, асбобнинг кўрсатишларига тузатишлар киритиб, мунтазам равишда таъсир қилувчи ташқи факторларни ҳисобга олиш билан бу хатоликни камайтириш мумкин.

2. Тасодифий хатолик ҳар бир ўлчашга таъсири ҳар хил бўлган тасодифий сабабларга кўра юз берадиган хатоликдир. Пластика қалинлигини ўлчаганда қалинликнинг ҳамма қисмида бир хил бўлмаслиги, ўлчашда асбоб шкаласининг етарлича ёритилмаслиги, асбобларнинг стол устида яхши жойлаштирилмаслиги, сезги органларининг табиий нотакомиллиги оқибатида тасодифий хатоликларга йўл қўйилади.

Тасодифий хатоликни камайтириш учун аниқланаётган физик катталикини бир неча марта ўлчаш керак. Бу хатолик эҳтимоллик назариясининг конунларига бўйсинади. Физик катталикини бир марта ўлчаганда олинган натижа шу хатоликнинг ҳақиқий қийматидан катта бўлиб қолса, кейинги ўлчашлардан бирининг натижаси, эҳтимол, ҳақиқий қийматдан кичик бўлиб чиқар. Бинобарин, физик катталикини бир неча марта ўлчаш орқали тасодифий хатоликни маълум даражада камайтириш мумкин. Чунки ҳақиқий қийматдан бир томонга четланишлар эҳтимоллиги иккинчи томонга четланишлар эҳтимоллигига тенгдир.

Бир неча марта ўлчаш натижаларининг ўртача арифметик қиймати, ўлчаш натижаларининг ҳар қайсисидан кўра, ўлчанаётган катталикининг ҳақиқий қийматига яқинроқ бўлади. Масалан: $x_1, x_2, \dots, x_n$ айрим ўлчаш натижалари бўлсин. У ҳолда бу катталикининг ўртача арифметик қиймати, миқдори ўлчанаётган катталикининг ҳақиқий қийматига энг яқин бўлади:

$$\langle x \rangle = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Бунда n - ўлчашлар сони.

Ҳар бир ўлчашнинг ўртача қийматидан четлашиш фарқи абсолют хатолик дейилади. Бу катталиклар қуйидагича аниқланади:

$$|\langle x \rangle - x_1| = \Delta x_1, |\langle x \rangle - x_2| = \Delta x_2, |\langle x \rangle - x_3| = \Delta x_3, \dots, |\langle x \rangle - x_n| = \Delta x_n,$$

Бу хатоликларнинг ишораси ҳар хил бўлиши мумкин. Шу сабабли хатоликларнинг фақат модули олинди. Айрим хатоликлар сон қийматларининг (модуллариининг) ўртача арифметик қиймати ўлчашнинг ўртача абсолют хатолиги дейилади ва қуйидаги формуладан топилади:

$$\langle \Delta x \rangle = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots + \Delta x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta x_i \quad (2)$$

бунда $\frac{\Delta x_1}{\langle x \rangle}, \frac{\Delta x_2}{\langle x \rangle}, \frac{\Delta x_3}{\langle x \rangle}, \dots, \frac{\Delta x_n}{\langle x \rangle}$ нисбатлар айрим ўлчашларининг нисбий хатолиги бўлади.

Ўртача абсолют хатолик $\langle \Delta x \rangle$ нинг ўлчанаётган катталикининг ўртача арифметик қиймати $\langle x \rangle$ га нисбати ўлчашнинг нисбий хатолиги бўлади ва қуйидагича белгиланади:

$$E = \frac{\langle \Delta x \rangle}{\langle x \rangle} \quad (3)$$

Нисбий хатоликлар одатда, фоизларда ўлчанади $E = \frac{\langle \Delta x \rangle}{\langle x \rangle} \cdot 100\%$ (4)

Табиийки, физик катталикининг ҳақиқий қиймати топилган ўртача қийматдан $\pm \Delta x$ га фарқ қилади, яъни

$$x_{\text{ҳақ}} = \langle x \rangle \pm \langle \Delta x \rangle \quad (5)$$

Фараз қилайлик, билвосита ўлчанадиган катталик бевосита ўлчанадиган x, y ва z лар орқали қуйидагича ифодалансин:

$$N = f(x, y, z)$$

Билвосита ўлчаш натижасида йўл қўйилган ўртача абсолют ва нисбий хатоликларни ҳисоблаш учун қуйидагича иш кўрилади: x, y, z -ларни ўзгарувчан катталиклар деб, юқоридаги функциядан дифференциал оламиз:

$$dN = \frac{\partial N}{\partial x} dx + \frac{\partial N}{\partial y} dy + \frac{\partial N}{\partial z} dz \quad (6)$$

сўнгра d - дифференциал белгилари Δ - орттирма белгиларига алмаштириб, ҳамма ҳадлари мусбат ишорада олинади. Натижада ўртача абсолют хатоликни ҳисоблашга имкон берувчи қуйидаги формула ҳосил бўлади:

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial N}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial N}{\partial z} \Delta z \quad (7)$$

бунда $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ лар x, y, z катталикларни ўлчашдаги абсолют хатоликлар. Ўртача нисбий хатоликлар юқорида кўрсатилган сингари қуйидаги ифодадан ҳисобланади:

$$E = \frac{\langle \Delta N \rangle}{\langle N \rangle} \quad (8)$$

1- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

ОБЕРБЕК МАЯТНИГИ ЁРДАМИДА ҚАТТИҚ ЖИСМНИНГ ИНЕРЦИЯ МОМЕНТИНИ АНИҚЛАШ

Ишнинг мақсади: маълум геометрик шаклга эга бўлган қаттиқ жисмнинг инерция моментини Обербек таклиф этган усул билан аниқлашдан иборат.

Керакли асбоб ва буюмлар: Обербек маятниги, массаси 100 гр дан бўлган тўртта тош, секундомер, штангенциркуль.

НАЗАРИЙ КИСМ

Траекторияси айланадан иборат бўлган ҳаракатга **айланма ҳаракат** дейилади.

Моддий нуқтанинг айланма ҳаракатини чизиқли тезлик ва чизиқли тезланишдан ташқари, бурчак тезлик ва бурчак тезланиш билан характерлаш мумкин.

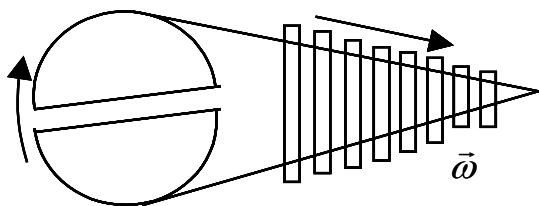
Вақт бирлиги давомидаги бурилиш бурчагига тенг бўлган катталиққа **бурчак тезлик** дейилади.

Агар қаттиқ жисм Δt вақт ичида $\Delta \varphi$ бурчакка бурилса, у ҳолда бурчак тезлик ω қуйидаги формуладан аниқланади:

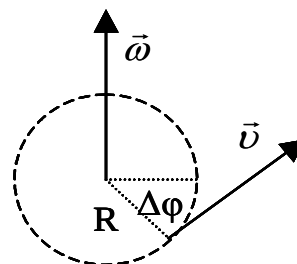
$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt} \quad (1)$$

Демак, бурчак тезлик бурилиш бурчагидан вақт бўйича олинган биринчи тартибли ҳосилага тенг экан.

Бурчак тезлик вектор катталиқ бўлиб, унинг йўналишини "ўнг винт" қондаси бўйича аниқлаш мумкин (2-расм).



2 - расм



3 - расм

Винтнинг айланиш йўналиши моддий нуқта айланма ҳаракатининг йўналишини ифодаласа, ўқнинг илгариланма ҳаракати бурчак тезлик йўналишини кўрсатади.

Айлана ёй узунлиги билан марказий бурчак ва айлана радиуси орасидаги боғланиш $\Delta S = R\Delta \varphi$ эканини ҳисобга олсак, чизиқли тезлик билан бурчак тезлик орасидаги боғланиш келиб чиқади:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta S}{\Delta t} \right) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{R\Delta \varphi}{\Delta t} \right) = R \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \right) = R\omega \quad (2)$$

Тезлик вектор катталиқ бўлгани учун (2) ифода вектор шаклида қуйидагича ёзилади:

$$v = [\vec{\omega} \cdot \vec{R}] \quad (3)$$

Демак, чизикли тезлик вектори бурчак тезлик вектори билан радиус векторининг кўпайтмасига тенг экан.

Ўнг винт қондасига кўра, бу уч вектор 3-расмда кўрсатилган йўналишларга эга. Агар $\omega = \text{const}$ бўлса, айланма ҳаракат текис бўлади. У ҳолда бурчак тезликни айланиш даври ва частотаси билан ифодалаш мумкин.

Тўлиқ бир марта айланиш учун кетган вақтга *айланиш даври* (T), бирлик вақт оралиғидаги айланишлар сонига *айланиш частотаси* (ν) дейилади: Улар орасидаги боғланиш $T = \frac{1}{\nu}$ га тенг.

Агар $\omega \neq \text{const}$ бўлса, ҳаракат нотекис бўлади.

Нотекис айланма ҳаракат бурчак тезланиш деб аталадиган катталиқ билан характерланади.

Бурчакли тезликнинг вақт бирлиги оралиғидаги ўзгаришига *бурчак тезланиш* дейилади.

Агар Δt вақт оралиғида моддий нуқтанинг бурчак тезлиги $\Delta\omega$ қадар ўзгарса, унинг бурчак тезланиши қуйидагича бўлади:

$$\vec{\varepsilon} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta\omega}{\Delta t} \right) = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \quad (4)$$

Бурчак тезланиш бурчак тезликдан вақт бўйича олинган биринчи тартибли ҳосолага тенг.

Нотекис ҳаракатда тезлик вектори миқдори ва йўналиши бўйича ўзгаради. Шунинг учун бу ҳаракатда иштирок этаётган моддий нуқтанинг чизикли тезланишини икки ташкил этувчига ажаратилади. (4-расм)

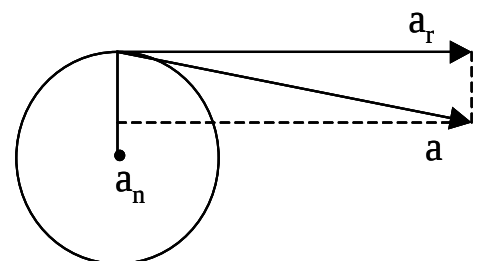
a_t -тезланишнинг тангенциал ташкил этувчиси бўлиб вақт бирлиги оралиғида чизикли тезликнинг миқдорий ўзгаришини қуйидагича характерлайди:

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

$$a_t = \varepsilon \cdot R \quad (5)$$

Демак, тангенциал тезланиш бурчак тезланишнинг айлана радиусига бўлган кўпайтмасига тенг экан.

Тезланишнинг нормал ташкил этувчиси эса, тезликнинг йўналиши бўйича ўзгаришини кўрсатади ва қуйидагича аниқланади:



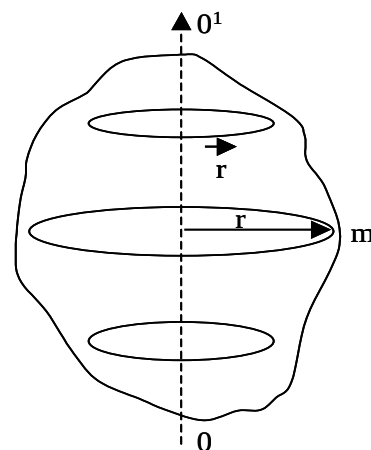
4-расм

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R \quad a_n = \omega^2 R \quad (6)$$

Келтирилган ифодаларни қаттиқ жисм учун умумлаштиришда, уни фикран шундай майда бўлакчаларга бўламизки, уларнинг ҳар бирини моддий нуқта деб ҳисоблаш мумкин бўлсин.

Ташқи куч таъсирида қаттиқ жисмни ташкил этувчи элементар бўлакчаларнинг бир-бирларига нисбатан вазиятлари ўзгармаса, яъни деформацияланмаса бундай жисм *абсолют қаттиқ жисм* дейилади.

Қаттиқ жисм айланма ҳаракатда иштирок этганида уни ташкил қилувчи элементар бўлакчаларнинг ҳаракат траекториялари айланалардан иборат бўлади. Бу айланаларнинг марказлари бир тўғри чизикда ётади ва одатда, бу чизик айланиш ўқи дейилади (5-расм).



5-расм

Жисмни айланма ҳаракатга келтирувчи кучнинг таъсири унинг қўйилиш нуқтасига ва куч йўналишига боғлиқ. Айланиш ўқидан турли масофаларга қўйилган айнан бир куч жисмга турли бурчак тезланиш беради. Шу сабабли қаттиқ жисм айланма ҳаракат динамикасининг тенгламасини келтириб чиқариш учун куч ва масса тушунчаларидан ташқари, *куч моменти* ҳамда *инерция моменти* деган катталиклар киритилади.

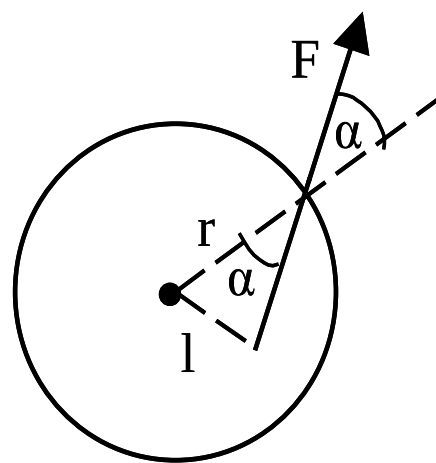
Элементар бўлакчаларга қўйилган $\vec{F}$ - кучнинг айланиш марказидан куч қўйилган нуқтага ўтказилган радиус вектор кўпайтмаси **куч моменти** деб аталади. Куч моментининг вектори қўйидаги формуладан аниқланади:

$$\vec{M} = (\vec{r} \cdot \vec{F})$$

Куч моментининг модули

$$M = Fr \sin \alpha = F\ell \quad (7)$$

бунда $\ell = r \sin \alpha$ бўлиб, куч йўналишига



6-расм

айланиш марказидан туширилган перпендикуляр узунлигини ифодалайди ва *куч елкаси* деб юриталиди. Демак, куч моменти қиймат жиҳатидан кучнинг елкага бўлган кўпайтмасига тенг экан. 6-расмда моддий нуқта деб қараш мумкин бўлган битта элементар бўлакчанинг айлана бўйлаб ҳаракати тасвирланган. Куч моментининг СИ системасидаги бирлиги Н м бўлади.

Элементар бўлакча массаси (m) билан бу бўлакчадан айланиш марказигача бўлган масофа квадрати (r^2) кўпайтмасига тенг бўлган

катталиқ элементар бўлакчанинг (моддий нуқтанинг) айланиш марказига нисбатан инерция моменти дейилади ва қуйидагига тенг бўлади.

$$I = mr^2 \quad (8)$$

Қаттиқ жисмни ташкил этувчи элементар бўлакчалар айланиш ўқидан турли масофаларда жойлашган (r -турлича). Бинобарин, (8) формулага асосан элементар бўлакчаларнинг инерция моментлари турлича бўлади. Инерция моменти скаляр катталиқ бўлгани учун бирор қузғалмас ўққа нисбатан жисмнинг инерция моменти, уни ташкил этувчи элементар бўлакчаларнинг шу ўққа нисбатан инерция моментларининг йиғиндисига тенг бўлади.

Агар элементар бўлакчалар массаларини $m_1, m_2, m_3, \dots, m_i$ уларнинг қузғалмас ўққа нисбатан айланиш радиусларини $r_1, r_2, \dots, r_i$ десак, у ҳолда жисмнинг шу ўққа нисбатан инерция моменти қуйидаги формуладан топилади:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2 \quad (9)$$

Айланма ҳаракат қонунларида илгариланма ҳаракатдаги куч ўрнига куч моменти, масса ўрнига инерция моменти қўлланилгани учун илгариланма ҳаракатдаги импульс (P) ўрнига импульс моменти (L) катталиқ киритилади.

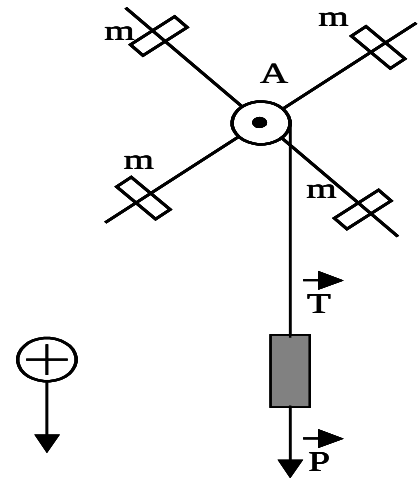
У ҳолда илгариланма ҳаракат учун ўринли бўлган $\vec{P} = m\vec{v}$ кўринишдаги импульс ўрнига айланма ҳаракатда $\vec{L} = I\vec{\omega}$ кўринишдаги импульс моменти қўлланилади.

$$\vec{L} = I\vec{\omega} \quad (10)$$

Ньютоннинг $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$ шаклидаги қонунини айланма ҳаракатга тадбиқ этиб, айланма ҳаракатнинг асосий тенгламасини келтириб чиқарамиз. Бунда тенгламадаги $\vec{P}$ векторни $\vec{L}$ билан $\vec{F}$ ни куч моменти $\vec{M}$ билан алмаштирсак, айланма ҳаракат динамикасининг асосий қонуни қуйидагича ёзилади:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(I\vec{\omega})}{dt} = \frac{Id\vec{\omega}}{dt} = I\vec{\varepsilon} \quad (11)$$

Демак, куч моменти қиймат жиҳатидан инерция моменти билан бурчак тезланиш кўпайтмасига тенг. (11) формулага қаттиқ жисм айланма ҳаракат динамикасининг асосий тенгламаси дейилади. Қаттиқ жисмнинг шакли мураккаб кўринишга эга бўлган ҳолларда унинг бирор ўққа нисбатан инерция моментини (8) формула ёки ундан келиб чиқувчи бошқа формулалар асосида аниқлаш мушкул ишдир. Шунинг учун бундай ҳолларда уларнинг инерция моментларини турли усуллар билан тажрибада топилади. Ана шу усуллардан бирини қуйидаги ишда кўриб ўтамыз.



7-расм

Обербек маятниги бир хил массали (m) тошлар ўрнатилган крестовинадан иборат (7-расм). Тошларни айланиш ўқиға нисбатан турли масофада ўрнатиш мумкин. Агар бу юklar айланиш ўқидан бир хил масофада турса, айланиш ўқи крестовинанинг массалар марказидан ўтади. Натижада крестовинага ташқи куч таъсир этмагунча, у фарқсиз мувозанатли ҳолатини сақлайди. Шкив A га ўралган ипга P юкни осиб, бутун системани ҳаракатга келтириш мумкин. Юкнинг оғирлик кучи таъсирида ип таранглашади. Оғирлик кучи $\vec{P}$ пастга, таранглик кучи $\vec{T}$ юқорига томон йўналган. Бу куч кучларнинг тенг таъсир этувчиси $\vec{a}$ тезланиш беради. Ньютоннинг II қонунига кўра, ушбу система учун қуйидаги вектор тенглик ўринли:

$$m\vec{a} = \vec{P} + \vec{T} \quad (12)$$

Бу тенгликнинг модулини ёзишда шартли равишда ҳаракатнинг мусбат йўналишини белгилаб оламиз. 8-расмда кўрсатилган йўналишдаги кучларни мусбат десак, тесқари йўналишдаги кучлар манфий бўлади. У ҳолда

$$ma = P - T = mg - T \quad (13)$$

Бундан таранглик кучи қуйидагига тенг бўлади:

$$T = mg - ma = m(g - a) \quad (14)$$

Таранглик кучининг акс таъсир этувчиси шкивга қўйилган бўлиб, бу кучнинг айлантйрувчи моменти қуйидагига тенг:

$$M = T \cdot r = m(g - a) \cdot r \quad (15)$$

бунда a - осилган юкнинг олган тезланиши, r - шкив радиуси, m - осилган юк массаси.

Юкнинг бошланғич тезлиги нолга тенг. Бинобарин, юкнинг ҳаракати бошланғич тезликсиз текис тезланувчан ҳаракатдан иборат бўлгани учун йўл формуласи қуйидагича бўлади:

$$h = \frac{at^2}{2} \quad (16)$$

Бундан юкнинг олган тезланишини топамиз. $a = \frac{2h}{t^2}$ (17)

Ифода (17) ни (15) га қўйсак, крестовинанинг айлантйрувчи моменти учун қуйидаги тенгламани ҳосил қиламиз:

$$M = m(g - a)r = m\left(g - \frac{2h}{t^2}\right) \quad (18)$$

(17) ифодага асосан айланма ҳаракат динамик тенгламасини қуйидагича ўзгартириб ёзиш мумкин:

$$M = I\varepsilon = I \frac{a}{r} = I \frac{2h}{rt^2} \quad (19)$$

(16) ва (19) ифодаларни тенглаб, I га нисбатан ечсак, крестовинанинг инерция моменти учун қуйидаги формулани ҳосил қиламиз:

$$I = mr^2 \left(\frac{gt^2}{2h} - 1 \right) \quad (20)$$

Ишни бажариш тартиби

1. Крестовинанинг стерженидан юкчалар чиқариб олинади. Штангенциркуль ёрдамида шкив диаметрини ўлчаб, унинг радиуси (r) аниқланади.

2. Крестовинани айлантириб, юк қўйиладиган майдонча юқорига кўтарилади ва полдан кўтарилиш баландлиги (h) ўлчанади.

3. Майдончага 100 г массали юк қўйилади (майдонча массаси ҳам ҳисобга олинади). Майдончани қўйиб юбориб, секундомер ҳаракатга келтирилади ва тагликка урилиш билан тўхтатилиб, юкнинг ҳаракатланиш вақти аниқланади.

4. Юқоридаги тажриба 200 г, 300 г, ва 400 г массали юклар учун такрорланади ва ҳар гал юкнинг тушиш вақти аниқланади.

5. Барча ҳоллар учун (20) формуладан айланувчи системанинг инерция моменти аниқланиб, сўнг уларнинг ўртача қиймати ҳисобланади. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари 1-жадвалга ёзилади.

1-жадвал

№	h (м)	t (с)	m (кг)	r (м)	I_0 (кг м ²)	I_0 ўр.	ΔI_0	ΔI_0 ўр.	$\frac{\langle \Delta I_0 \rangle}{\langle I_0 \rangle} \cdot 100\%$
1									
2									
3									
4									

6. Крестовина стерженидаги юкларни унинг учига ўрнатиб, фарқсиз мувозанат ҳосил қилинади. Сўнг 100 г, 200 г, 300 г, ва 400 г массали юклар учун юқоридаги тажриба такрорланади. (20) формуладан юкли крестовинанинг инерция моменти ҳисоблаб, уларнинг ўртача қиймати $\langle I \rangle$ аниқланади. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари 2-жадвалга ёзилади.

2-жадвал

№	h (м)	t (с)	m (кг)	r (м)	I_0 (кг м ²)	I_0 ўр.	ΔI_0	ΔI_0 ўр.	$\frac{\langle \Delta I_0 \rangle}{\langle I_0 \rangle} \cdot 100\%$
1									
2									
3									
4									

7. Ҳисоблаш натижадаридан абсолют ва нисбий хатоликлар аниқланади. Крестовина стерженига ўрнатилган ҳар бир юкнинг инерция моменти қуйидаги формуладан аниқланади.

$$I = \frac{1}{4}(\langle I \rangle - \langle I_0 \rangle) \quad (21)$$

Синов саволлари

1. Абсолют қаттиқ жисм деб қандай жисмга айтилади?
2. Айланма ҳаракат деб қандай ҳаракатга айтилади?
3. Бурчак тезлик ва бурчак тезланишни тушунтиринг.
4. Чизиқли тезлик деб нимага айтилади?
5. Эгри чизиқли ҳаракатда тангенциал ва нормал тезланишлар нимани ифодалайди?
6. Инерция моменти деб нимага айтилади?
7. Куч моментини тушунтиринг.
8. Ньютоннинг II қонунини илгариланма ва айланма ҳаракат учун ёзиб, таърифлаб беринг.
9. Ишчи формулани келтириб чиқаринг.

Таянч сўзлар

Қаттиқ жисм, траектория, бурилиш бурчаги, бурчак тезлик, радиус, чизиқли тезлик, бурчак тезланиш, масса, инерция моменти, куч моменти, куч елкаси, радиан.

Адабиёт

1. Исмоилов М., Хабибуллаев П., Халиулин М. Физика курси, «Ўзбекистон» 2000 йил. 1,4-боблар.
2. Нуъмонхужаев А.С. Физика курси. 1-қисм, Т. "Ўқитувчи" 1992 йил,
3. Ахмаджонов О.И. Физика курси. "Механика ва молекуляр физика" 1-қисм, «Ўқитувчи». 3-боб.
4. Савельев И.В. "Умумий физика курси" 1-том, Т. "Ўқитувчи" 5-боб

2 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

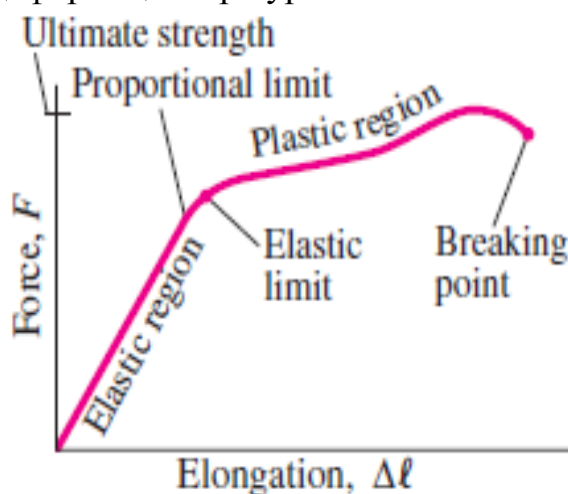
ЭГИЛИШ УСУЛИ ОРҚАЛИ ЮНГ МОДУЛИНИ АНИҚЛАШ

Ишнинг мақсади: стержен ўртасига куч таъсир қилиш йўли билан ёғочнинг Юнг модулини аниқлаш.

Керакли асбоб ва буюмлар: металл призмали устунлар, элгилиш катталигини аниқлаш учун индикатор, текшириладиган тўғри бурчакли стерженлар, 0,5 кг ли тошлар, штангенциркуль, масштабни чизғич.

НАЗАРИЙ ҚИСМ

Ташқи куч таъсирида жисм заррачалари орасидаги масофа ўзгармаса, бундай жисмга абсолют қаттиқ жисм дейилади. Лекин табиатда абсолют қаттиқ жисм йўқ. Куч таъсирида ҳар қандай жисм озми-кўпми ўз шаклини ўзгартиради, яъни деформацияланади. Жисмлар деформацияланганда икки чегаравий ҳолни кузатиш мумкин: эластик деформация ёки пластик деформация. 1-расмда жисм деформацияланганда вужудга келадиган деформациялар кўрсатилган.



1-расм

Қўйилган кучларнинг таъсири тўхтатилгандан сўнг жисм ўзининг аввалги шакли ва ўлчамига тўла равишда қайтса, бундай деформация эластик деформация дейилади.

Аксинча, ташқи таъсир тўхтатилгандан сўнг жисмда қолдиқ деформация сақланиб қолса, яъни жисм ўзининг илгариги шаклига қайтмаса, унга қолдиқли ёки пластик деформация дейилади.

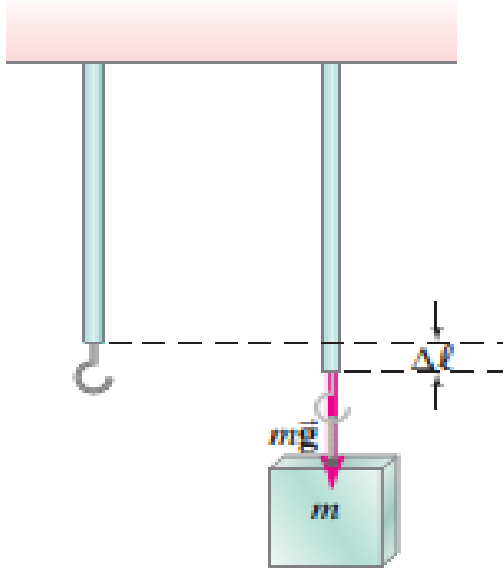
Жисм эластик деформацияланган бўлса, деформациянинг барча турларида (чўзилиш, эгилиш, бурилиш ва ҳоказо), жисмда деформация йўналишига қарама-қарши йўналган куч юзага келади. Бундай куч эластик куч дейилади. Ташқи таъсир олинса бу куч жисмни ўз ҳолатига қайтаради.

Гук эластик деформацияланган жисмнинг деформация катталиги ташқи таъсирга пропорционал эканини аниқлаган яъни,

$$F = -kx$$

Бунда k - берилган жисмнинг эластиклик хоссасини характерловчи коэффициент бўлиб, u бикрлик коэффициенти дейилади. Бикирлик коэффициенти жисм табиатига боғлиқ бўлиб, деформация турига боғлиқ эмас. Шунинг учун деформация доимийсини исталган деформация (чўзилиш,

эгилиш) дан аниқлаш мумкин. Гук қонунини чўзилиш деформацияси учун татбиқ этайлик. Узунлиги ℓ_0 ва кўндаланг кесми юзи S бўлган стержен асосига тик йўналган F куч таъсир этишдан стержен $\Delta \ell$ қадар чўзилсин (2-расм). Стерженнинг кейинги ҳолати ℓ , бунда $\Delta \ell$ -стерженнинг икки ҳолат узунликлар айирмаси $(\ell - \ell_0)$ бўлиб, абсолют узайиш дейилади.



2 -расм.

Деформацияни характерлаш учун абсолют узайишдан ташқари нисбий узайиш тушунчаси ҳам киритилади. Деформацияни баҳолашда стерженнинг узунлиги ℓ_0 қанчага тенг эканлиги ёки стерженнинг абсолют узайиш қиймати муҳим бўлмай, балки унинг нисбий узайиши катта аҳамиятга эгадир. Абсолют узайиш $\Delta \ell$ нинг стержень аввалги узунлиги ℓ_0 га нисбати стерженнинг нисбий узайишини беради.

Бир бирлик кесим юзига, нормал тарзда таъсир этувчи куч кучланганлик дейилади.

$$P_n = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Нисбий узайиш катталиги стержен кўндаланг кесим юзига таъсир этаётган кучланганликка тўғри пропорционал бўлади:

$$\frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \alpha \cdot P_n \quad (2)$$

бу ерда α -эластиклик коэффиценти.

Берилган материал хусусиятини белгилаш учун α дан ташқари унга тесқари бўлган

$$E = \frac{1}{\alpha} \quad (3)$$

катталиқ ҳам киритилади ва бу катталиқни Юнг модули деб аталади.(3) формуладан α нинг қийматни (2) ифодага қўйилса қуйидаги формула ҳосил бўлади:

$$P_n = E \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \quad (4)$$

Бу тенглик чўзилишдаги деформация учун Гук қонуни дейилади. Эластик деформация юз бериши учун кучнинг қиймати эластиклик чегараси доирасида бўлиши керак. (4)-формуладан Юнг модулини аниқлаймиз:

$$E = \frac{P_n}{\frac{\Delta \ell}{\ell_0}} \quad (5)$$

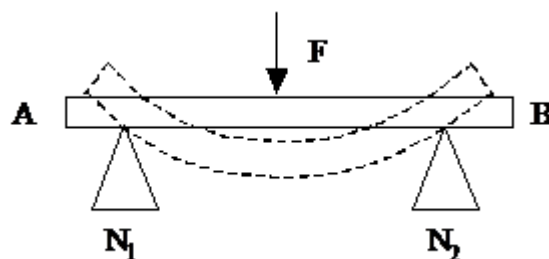
Агар $\Delta \ell = \ell_0$ десак, $E = P_n$ бўлади. Бундан Юнг модулига қуйидагича таъриф бериш мумкин. Юнг модули Гук қонуни бажариладиган чегарада стержен узунлигини икки марта ошириш учун лозим бўлган кучланишга тенг. Юнг модулининг СИ системасидаги бирлиги Н/м², амалда эса кўпроқ кГ/мм² қўлланилади.

Асбобнинг тузилиши ва иш услуби

Юнг модулини эгилишдаги деформация бўйича, қуйидагича аниқлаш мумкин (3-расм). Агар N_1 ва N_2 таянчларга ўрнатилган АВ стерженнинг ўртасида P куч билан таъсир этсак, стержен эгилади. Куч қанча катта бўлса эгилиш ҳам бу кучга мос равишда ошади. Стержен ўрта қисмига куч қўйилмаган ва куч қўйилган ҳолатлар орасидаги фарқ λ - эгилиш катталиги дейилади.



3-расм



Деформация даражаси эгилиш катталиги билан аниқланади. Эластик деформацияда эгилиш катталиги биз ўрганаётган ҳолда қуйидаги формула бўйича аниқланади.

$$\lambda = \frac{F \ell^3}{4ab^3 E} \quad (6)$$

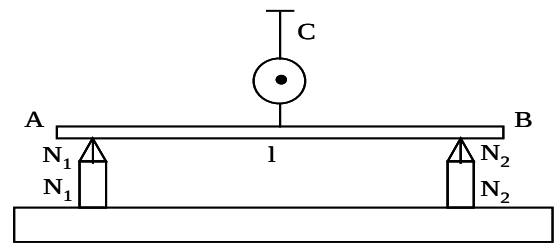
Бундан Юнг модулини аниқлаймиз:

$$E = \frac{F \ell^3}{4ab^3 \lambda} \quad (7)$$

(7) ифодадаги F - стерженнинг ўртасига қўйилган куч қиймати, ℓ - стержен узунлиги, a - стержен эни, b - стержен баландлиги (қалинлиги).

Бу ишда қўлланиладиган асбоб иккита устуни бўлган тагликдан иборат бўлиб, бу устунлар устига қирралари бир-бирига параллел бўлган ва призмалар маҳкамланган (4-расм).

Бу призмаларга текшириладиган стержен АВ қўйилади. Эгилиш катталиги (λ) индикатор ёрдамида аниқланади. Тошлар индикатор устидаги С юзага қўйилади.



4-расм

Ишни бажариш тартиби

1. Штангенциркуль ёрдамида стержен эни (а), қалинлиги (b) уч жойидан ўлчаниб, уларнинг ўртача қиймати олинади.

2. Чизғич ёрдамида N_1 , N_2 призмалар орасидаги масофа ℓ ни ўлчаб, унинг ҳам ўртача қиймати олинади.

3. Стерженни призмаларга симметрик равишда қўйиб, унинг устига индикатор ўрнатилади. Индикатордан стерженнинг дастлабки вазиятини ҳаратерловчи n_0 - ҳолат аниқланади.

4. Индикатор текислигига массалари 0,5; 1; 1,5; ва 2 кг бўлган тошларни кетма-кет қўйиб, индикатордан уларнинг ҳар бирига мос келган стержен ҳолатини ҳаратерловчи n'_1, n'_2, n'_3, n'_4 , лар ёзиб олинади. Юкни 0,5 кг дан камайтириб, тажриба тескари йўналишда такрорланади ва $n''_1, n''_2, n''_3, n''_4$, ларнинг қиймати аниқланади. Сўнг ҳар бир юк (0,5; 1; 1,5; 2 кг) учун уларнинг ўртача қийматлари топилади.

$$n_1 = \frac{n'_1 + n''_1}{2}, \quad n_2 = \frac{n'_2 + n''_2}{2}, \quad n_3 = \frac{n'_3 + n''_3}{2}, \quad n_4 = \frac{n'_4 + n''_4}{2}$$

5. Шкаланинг икки хил ҳолати бўйича ҳар бир оғирлик кучи учун эгилиш катталиклари аниқланади:

$$\lambda_1 = n_0 - n_1, \quad \lambda_2 = n_0 - n_2, \quad \lambda_3 = n_0 - n_3, \quad \lambda_4 = n_0 - n_4$$

6. Ҳар бир қўйилган юк учун Юнг модули қуйидаги ифода орқали ҳисобланади:

$$E = \frac{F\ell^3}{4ab^3\lambda} = C \frac{F}{\lambda}$$

Бунда $C = \frac{\ell^3}{4ab^3}$ - катталик олинган стержен учун ўзгармасдир. У стерженнинг геометрик ўлчамларига асосан ҳисоблаб топилади.

Ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади:

№	a (м)	b (м)	ℓ (м)	F (Н)	n_1 (м)	n_2 (м)	n (м)	λ (м)	E (Н/м ²)	E_{yp}	ΔE	ΔE_{yp}	$\frac{\Delta E_{yp}}{E_{yp}} \cdot 100\%$
1													
2													
3													
4													

Синон саволлари

1. Абсолют қаттиқ жисм деб қандай жисмга айтилади.
2. Деформация қандай физик ҳодиса.
3. Гук қонуни таърифланг.
4. Ишнинг бажарилиш тартибини айтинг.

Таянч сўзлар

Стержен, куч, қаттиқ жисм, деформация, эластик деформация, пластик деформация, чўзилиш, эгилиш, бурилиш, узайиш, кучланиш (механик), Юнг модули.

Адабиётлар

1. Нўъмонхўжаев А.С. Физика курси, 1-қисм, "Ўқитувчи" 1993 й, 2-боб.
2. Савельев И.В. "Умумий физика курси" 1-т, Т, "Ўқитувчи" 5-боб.
3. Майсова Н.Н. "Практикум по курсу общей физики" М, 75-80 с.

3 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ ТЕБРАНМА ҲАРАКАТ ҚОНУНЛАРИНИ ЎРГАНИШ

Ишнинг мақсади:

1. Маятник тебраниш даврининг маятник ип узунлигига боғлиқлигини аниқлаш.
2. Маятник тебраниш даврининг маятник оғиш бурчагига боғлиқлигини аниқлаш.
3. Математик маятник ёрдамида эркин тушиш тезланишини аниқлаш

Керакли асбоб ва буюмлар: Осмага осилган шарли маятник, секундометр, ўлчаш метир тайёқчаси.

Кириш

Тебраниш (ва тўлқин) табиатда ва техникада кўп кузатиладиган ва яхши маълум бўладиган ҳодисадир. Бу ҳодисани назарий ва амалий ўрганиш физиканинг фундаментал асосларини тушиниш ва ўрганишда муҳим ҳисобланади. Шунингдек бу тажрибалар назарий ва амалий физика орасидаги боғлиқликни элементар даражада тушинишга имкон беради.

Математик маятник тажрибаси механик тебранишни моделини вақт ва узунликни ўлчаш билан тафсифловчи кўплаб турли тажрибалар орасидаги энг машҳури ҳисобланади.

Назарий тамойиллари

Оддий математик маятник деганда L узунликдаги вазнсиз ипга осилган m -массали моддий нуқта тушинилади. Ишқаланиш кучларини ҳисобга олмаган ҳолда моддий нуқта ҳаракати Ньютон қонунлари асосида назарий равишда қуйидагича тафсифланиши мумкин:

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + D \sin \varphi = 0 \quad (1)$$

Бу ерда $J = mL^2$ - осма четига нисбатан инерция моменти

$D = mgL$ - куч моменти

g - эркин тушиш тезланиши

φ - оғиш бурчаги

m - масса

Кичик бурчаклар ($\sin \varphi \approx \varphi$) учун (1) тенгламанинг ечими моддий нуқта қуйидаги тебраниш даври билан оғирлик кучи таъсирида тебранишини кўрсатади:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{D}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Шунинг учун маятник тебраниш даври T ва L -узунлигини билган ҳолда маятник ёрдамида эркин тушиш g аниқлаш мумкин. Маятник тебраниши ҳам энергия айланиши кузатиш мумкин бўлган стандарт наъмунадир. (1) тенгламани t -вақт бўйича интеграллаб энергиянинг сақланиш қонунини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$L^2 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + 2gL(1 - \cos\varphi) = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = E_0 = \text{const} \quad (2)$$

E_{kin} -кинетик энергия

E_{pot} -потенциал энергия

E_0 -тўла энергия

$\varphi = \alpha$ бўлган нуктада тезлик нолга тенглашади ва потенциал энергия минимал қийматга эришади:

$$E_0 = 2gL(1 - \cos\alpha) \quad (3)$$

(2) тенгламани (3) тенглама билан алмаштирсак каттароқ оғиш бурчаклари учун тебраниш даврини аниқлаш имкони пайдо бўлади:

$$\frac{T}{4} = \sqrt{\frac{L}{g}} \int_0^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{\cos\varphi - \cos\alpha}}$$

$k = \sin(\alpha/2)$ деб олсак тебраниш даври қуйидагича аниқланади:

$$T = 4 \sqrt{\frac{L}{g}} \int_0^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}} = 4 \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot K(k)$$

Бу ерда $K(k)$ – биринчи тартибли эллиптик интеграл. Тебраниш даври учун берилган $K(k)$ тартибни давом эттирсак

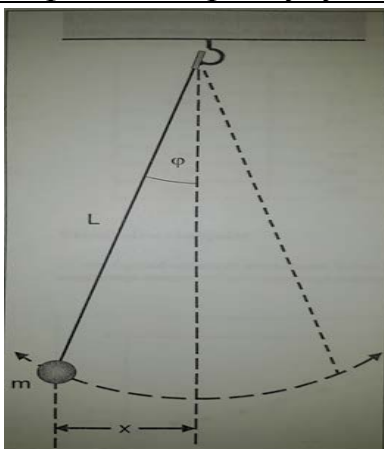
$$T = 4 \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \sin^2 \frac{\varphi}{2} + \dots \right) \quad (4)$$

Оғиш бурчакларининг кичик қийматларида яъни $\varphi \leq 7^\circ$ бўлса, тебраниш даври (2) формула қийматига яқин бўлади. (4)-формула эса m массали жисмга таъсир қилувчи барча кучларни инобатга олган (1) тенгламадир. Осма маятник илгакли буралма михга ўрнатилган мосламада ишқаланишни камайтириш мақсадида игна қўйилган.

Металл шарча массаси пўлат сим массасидан анча катта ва осма турли ишқаланишлардан ҳоли бўлади.

Керакли жихозлар қуйидагилардан иборат: осмага осилган шарли маятник, пўлат симнинг узунлигини ўлчаш лентаси, секундомер.

Ушбу қурилма ёрдамида қуйидагиларни амалга ошириш мумкин: а). Тебраниш даврини оғиш бурчаги функцияси сифатида аниқлаш. Бу фазифани бажариш учун:



1-расм

- маятник узунлигини 1-метрдан узунроқ олинг.

- ҳар хил бурчаклар учун бирхил даврини олинг.

Оғиш бурчагини аниқлаш учун маятник тағлигига махсус ўлчагич ўрнатилган бўлади ва оғиш бурчагини қуйидаги тригонометрик формуладан аниқланади: $\varphi = \arcsin \frac{x}{L}$ (5)

Натижалар олиш қуйидагича амалга оширилади: Маятник узунлиги маълум бир қийматида ва ҳар хил бурчаклар учун тебраниш даври топилади (1-расм).

Даврининг оғиш бурчагига боғлиқлиги (5) формулага биноан ҳисобланади. Олинган натижаларга биноан жадвал тузилиб, T нинг (4) формулага мувофиқ $\sin^2 \frac{\varphi}{2}$ қийматга пропорционалликдан фойдаланиб, улар орасидаги боғланиш графиги чизилади.

X (м)	φ (градус)	T(секунд)

Тажрибада ҳар бир ҳолат бўйича олинган нуқталар бўйлаб (12) формула асосида тўғри чизик ўтказилади. Топилган нуқталар бўйлаб ўтказилган тўғри чизикқа қараб даврининг бурчакка боғлиқлиги ўрганилади.

б) Тебраниш даврининг узунликка боғлиқлиги қуйидагича ўрганилади:

-маятник узунлиги 1-метрдан узун қилиб олинади,

-ўлчаш хатолигини камайтириш учун ҳар бир узунликда 10 марта тебранишни олинг,

-маятник узунлигини ўлчанг

Тебраниш даври T , узунлик L -нинг функцияси сифатида ҳисоблаб жадвал тузинг? (Маятник узунлигини 0,8 м дан 2 м оралиғида олинг)

L (м)	T(s)

Маятник узунлиги ва давр орасида қуйидагича боғланиш мавжуд $T \sim \sqrt{L}$

Чизиқли боғланиш асосида график чизилади (ордината ўқида давр абциса ўқида узунлик), топилган нуқталар бўйлаб (2) формулага мувофиқ узлуксиз чизик ўтказилади.

Чизиқли боғланишга асосланиб g -нинг қиймати топилади.

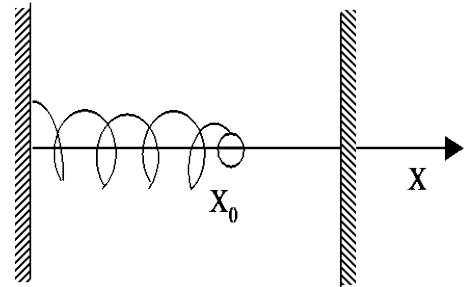
НАЗАРИЙ ҚИСМ

Ўзининг маълум даражада такрорланувчанлиги билан фарқ қилувчи ҳаракатларга тебранма ҳаракатлар дейилади.

Тебранма ҳаракатларга мисол қилиб, соат маятникнинг ҳаракати, чолғу асбобидаги торнинг тебраниши, тебраниш контуридаги ток кучининг вақт ўтиб бориши билан ўзгариши ва бошқаларни келтириш мумкин.

Ушбу лаборатория ишида фақат механик тебранма ҳаракатлар ҳақида сўз юритилади. Фараз қилайлик, 2-расмда кўрсатилганидек икки девор орасидаги стерженга шарча ўрнатилган бўлиб, шарча ўз навбатида пружина орқали деворга боғланган бўлсин.

Шарчанинг мувозанат вазиятини X ўқининг X_0 нуқтасида деб олайлик. Агар шарчани мувозанат вазиятидан бирор масофага силжитиб, сўнгра қўйиб юборсак, шарча ўзининг мувозанат вазиятига нисбатан гоҳ бир томонга, гоҳ иккинчи томонга силжиб тебранма ҳаракатда иштирок эта бошлайди. Бу ҳаракатни формула тарзида ҳам ифодалаш мумкин. Умуман, механик тебранма ҳаракат формуласи деганда тебранма ҳаракатда иштирок этаётган жисмнинг исталган вақтда ўзининг мувозанат вазиятидан қайси томонга ва қанча масофага силжиганлигини ифодаловчи математик тенгламани тушунамиз. Биз кузатаётган ҳаракатда шарча билан стержен орасида ва шарча билан ҳаво орасида қаршилик кучлари мутлақо йўқ деб фараз қилсак, содир бўлган тебранма ҳаракат формуласини қуйидагича ёзиш мумкин:



2-расм

$$x = A \cdot \cos(\omega t + \alpha) \quad (1)$$

Бунда x -шарчанинг исталган вақтдаги силжиш масофаси, A -силжиш масофасининг энг катта қиймати-тебраниш амплитудаси, ω - тебранишнинг доиравий частотаси, t -вақт ва α -тебранишнинг бошланғич фазаси.

Кузатилаётган физик катталиқнинг қиймати (мисол учун шарчанинг мувозанат вазиятидан силжиш масофаси, маятникнинг оғиш бурчаги ва ҳоказо) вақт ўтиши билан синусоида ёки косинусоида қонуни асосида ўзгариб турса, бундай ҳаракатга тебранма ҳаракат деб аталади.

Тебранма ҳаракатни характерлаш учун яна қуйидаги физик катталиқлардан фойдаланилади. T -тебраниш даври, бу катталиқ тебранма ҳаракатда иштирок этаётган жисмнинг бир марта тўла тебраниши учун кетган вақтни ифодалайди. ν -тебраниш частотаси бўлиб, бир секунд вақт оралигида тўла тебранишлар сонини кўрсатади.

1 - машқ

Физик маятникнинг инерция моментини аниқлаш

Инерция марказидан ўтмайдиган горизантал ўқ атрофида оғирлик кучи таъсирида тебрана оладиган қаттиқ жисмга физик маятник дейилади (3-расм). O -маятникнинг осилиш нуқтаси, C -инерция маркази, OC - маятник инерция маркази билан осилиш нуқтаси орасидаги масофа бўлиб, одатда физик маятник елкаси дейилади.

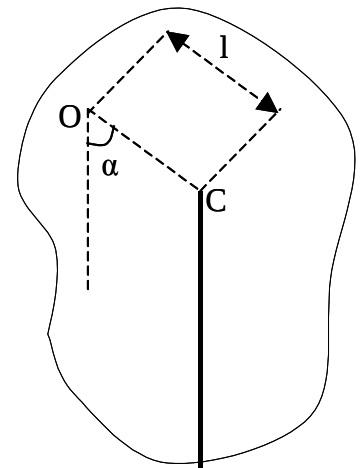
Маятникни бирор бурчакка оғдирилса, уни мувозанат вазиятга келтирувчи оғирлик кучининг моменти қуйдагича аниқланади:

$$M = -mg\ell \sin \varphi \quad (2)$$

(2) ифодадаги минус ишора куч моментининг таъсири оғиш бурчаги йўналишига қарама-қарши эканлигини кўрсатади.

Маятникнинг осилиш ўқиға нисбатан инерция моментини I десак, қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракат динамикасининг асосий тенгламасига кўра, қуйдаги тенгликни ёза оламиз:

$$I\varepsilon = -mg\ell \sin \varphi \quad \text{бундан} \quad \varepsilon = \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \varphi''$$



3-расм

$$\text{эканини хисобга олсак,} \quad I\varphi'' = -mg\ell \sin \varphi \quad (3)$$

$$\text{бундан} \quad \varphi'' + \frac{mg\ell}{I} \sin \varphi = 0 \quad (4)$$

кўринишдаги иккинчи тартибли бир жинсли дифференциал тенгламани ҳосил қиламиз.

Оғиш бурчаги кичик бўлган ҳолларда $\sin \varphi \approx \varphi$ дейиш мумкин. Натижада (4) тенглама қуйдаги кўринишга келади:

$$\varphi'' + \frac{mg\ell}{I} \varphi = 0 \quad (5)$$

(5) формулага қуйдагича

$$\frac{mg\ell}{I} = \omega_0^2 \quad (6)$$

белгилаш киритайлик. У ҳолда (5) тенглама қуйдаги кўринишда бўлади:

$$\varphi'' + \omega_0^2 \varphi = 0 \quad (7)$$

Бу гармоник тебранма ҳаракатнинг дифференциал тенгламаси бўлиб, унинг ечими $\varphi = \varphi_0 \sin(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2})$ ёки $\varphi = \varphi_0 \cos(\omega t + \alpha)$ (8) шаклда ёзилади

Демак, оғиш бурчаги кичик қийматга эга бўлганда физик маятникнинг ҳаракати гармоник тебранма ҳаракатдан иборат бўлиб, бурилиш бурчагининг катталиги вақт ўтиши билан синусоида ёки косинусоида қонунияти асосида ўзгариб турар экан. (6) ифодага асосан физик маятникнинг тебраниш даври қуйдагича бўлади:

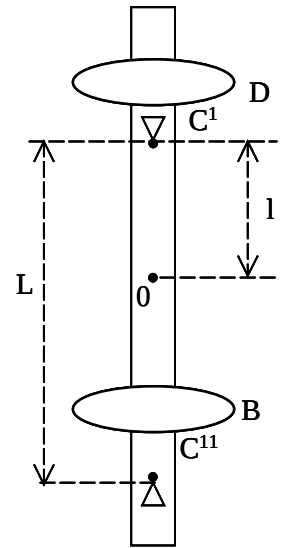
$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mg\ell}} \quad (9)$$

бўлади. Бу тажрибада кузатиладиган физик маятник 4-расмда кўрсатилган.

Физик маятник стерженга ўрнатилган Д ва В дисклардан, C' ва C'' призмалардан тузилган. У кронштейннинг илиш жойига осиб қўйилган. Таянч призмалар C' ва C'' орасидаги масофани L билан белгилаймиз. Бу катталиikka асосан маятник елкасини қуйидагича аниқлаймиз. Маятникнинг бир ҳолатдаги тебраниш даврини T_1 , бу ҳолатга нисбатан маятник елкасини ℓ десак, (9) формулага биноан унинг инерция моменти қуйидагича бўлади:

$$I_1 = \frac{T_1^2}{4\pi^2} mg\ell \quad (10)$$

Агар маятникни тўнкарсак, физик маятникнинг инерция марказидан таянчгача (айланиш ўқиғача) бўлган масофа (елка) ва тебраниш даври ўзгаради. Бу елкага нисбатан унинг тебраниш даврини T_2 дейлик. У ҳолда унинг инерция моментини қуйидаги ифодадан аниқлаймиз:



4 - расм

$$I_2 = \frac{T_2^2}{4\pi^2} mg(L - \ell) \quad (11)$$

Айланиш ўқлари параллел кўчирилганда Штейнер теоремасига кўра, маятникнинг биринчи ва иккинчи ҳолатлардаги инерция моментларини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$I_1 = I_0 + m\ell^2 \quad (12)$$

$$I_2 = I_0 + m(L - \ell)^2 \quad (13)$$

Бунда I_0 - физик маятникнинг инерция марказидан ўтган горизонтал ўққа нисбатан инерция моменти. (13) ифодадан (12) ифодани айиримиз, у қуйидагича бўлади:

$$I_2 - I_1 = mL(L - 2\ell) \quad (14)$$

ва бу ифодага (10) ва (11) ифодалардаги I_1, I_2 ларнинг қийматларини келтириб қўйсак

$$\frac{1}{4\pi^2} mg[(L - \ell)T_2^2 - \ell T_1^2] = mL(L - 2\ell)$$

шаклдаги тенглик ҳосил бўлади. Бундан биринчи таянч нуқтадаги маятникнинг инерция марказигача бўлган масофа, яъни физик маятникнинг елкаси қуйидаги ифодага тенг экани келиб чиқади:

$$\ell = \frac{4\pi^2 L^2 - gLT_2^2}{8\pi^2 L - g(T_2^2 - T_1^2)} \quad (15)$$

Тажрибада маятникнинг икки тебраниш ҳолатига нисбатан тебраниш давлари T_1 ва T_2 ларни аниқлаб (15) ифодадан маятникнинг елкаси ҳисобланади. Сўнг (10) ва (11) формулалардан маятникнинг икки ҳолатлари учун инерция моментлари I_1 ва I_2 лар аниқланади.

1 – машқда ишни бажариш тартиби

1. Маятникни C' призма орқали осиб, уни мувозанат вазиятдан $4-5^\circ$ га оғдирилади. Сўнг секундомер ёрдамида 50 марта тебраниш учун кетган вақт топилиб $T_1 = \frac{t_1}{n_1}$ ифодадан тебраниш даври аниқланади.

2. Маятникни тўнкариб (ағдариб) унинг тебраниш даври иккинчи C'' таянчга нисбатан аниқланади. Икки таянч орасидаги масофа $L=0,73$ м.

3. (15) формуладан бир таянч нуқтадан инерция марказигача бўлган масофа (маятник елкаси) аниқланади.

4. (10) ва (11) формулалардан физик маятникнинг икки ҳолати учун инерция моменти аниқланади.

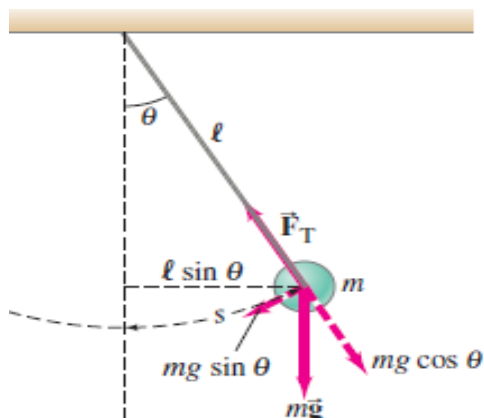
Ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади.

№	n	t_1 с	T_1 с	$\langle T_1 \rangle$ с	$\langle T_1^2 \rangle$ с	n_2	T_2 с	T_2 с	$\langle T_2 \rangle$ с	$\langle T_2^2 \rangle$ с	ℓ м	L м	I_1	I_2
1														
2														
3														
4														

2 - машқ

Математик маятник ёрдамида жисмларнинг эркин тушиш тезланишини аниқлаш

Чўзилмайдиган, вазнсиз ип ва унга осилган шарсимон жисмдан иборат системага математик маятник дейилади. Келтирилган таъриф идеаллаштирилган таърифдир. Чунки табиатда вазнга эга бўлмаган ва куч таъсирида чўзилмайдиган ипни топиш мумкин эмас. Шунингдек, ҳар қандай жисм массаси чекли ҳажмда маълум қонуният асосида тақсимланади. Лекин, амалда, узун ингичка ипга осилган кичик ҳажмдаги оғирроқ шарчадан иборат системани математик маятник деб олиш мумкин. Агар математик маятникни мувозанат вазиятидан чиқарилса, у оғирлик кучининг P_t ташкил этувчиси таъсирида ўзининг мувозанат вазиятига интилади. (5а-расм). 5-б расмда Пиза соборида жуда узун арқонга осилган мураккаб лампанинг тебранма ҳаракати тасвирланган. Айтишларича бу ходисани Галилей томонидан кузатилган бўлиб, маятникнинг тебраниш даври тебраниш амплитудасига боғлиқ эмаслиги тўғрисида хулоса чиқаришга имкон берган.



5а-расм



5б-расм

Юқоридаги физик маятникка татбиқ этилган амалларни ($M = -mg\ell \sin \varphi$ ва $\varphi = \varphi_0 \cos(\omega t + \alpha)$ формулалар) математик маятникка қўлласак, оғиш бурчаги кичик бўлганда математик маятник ҳаракати ҳам гармоник тебранишдан иборат эканини аниқлаймиз, яъни:

$$\varphi = \varphi_0 \cos(\omega t + \alpha)$$

Математик маятникнинг айланиш марказига нисбатан инерция моменти эканини эътиборга олсак, ($T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mg\ell}}$) ифодадан фойдаланиб, математик маятникнинг тўла тебраниш даври учун қуйидаги формулани ҳосил қиламиз:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Демак, математик маятник физик маятникнинг хусусий ҳоли экан. Юқоридаги ($T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$) ифодадан математик маятникнинг тебраниш даври маятник узунлиги ва эркин тушиш тезланишига боғлиқ бўлиб, тебраниш амплитудаси ҳамда шарча массасига боғлиқ эмаслигини кўрамыз. ($T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$) ифодадан эркин тушиш тезланиш учун қуйидаги формулани келтириб чиқарамиз:

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2}$$

Бунда $\ell = \ell_0 + \frac{d}{2}$ бўлиб, ℓ_0 - ипнинг узунлиги, d - шарчанинг диаметри.

2-машқда ишни бажариш тартиби

1. Барабanni айлантириб, шарчани $\ell_0 = 70$ см га туширамыз (ℓ_0 - узунлик осилиш нуқтасидан шарча сиртигача олинади).

2. Штангенциркуль ёрдамида шарча диаметрини ўлчаб, $\ell = \ell_0 + \frac{d}{2}$ дан маятник узунлиги аниқланади.

3. Секундомер ёрдамида математик маятникнинг олинган узунлик учун 20 та тўла тебраниш вақти аниқланиб, тебраниш даври $T = \frac{t}{n}$ ҳисобланади.

4. Узунликларнинг 50 см, 60 см қийматлари учун тажриба айнан такрорланади ва бу узунликларга мос бўлган даврлар ҳисобланади.

5. ($g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2}$) формуладан оғирлик кучининг тезланиши ҳисобланади.

Ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади.

№	ℓ (м)	n	t (с)	T (с)	g (м/с ²)	$\langle g \rangle$ (м/с ²)	Δg (м/с ²)	$\langle \Delta g \rangle$ (м/с ²)	$\frac{\langle \Delta g \rangle}{\langle g \rangle} \cdot 100\%$
1									
2									

Синов саволлари

1. Тебранма ҳаракат деб қандай ҳаракатга айтилади.
2. Гармоник тебранма ҳаракат деб қандай тебранишга айтилади.
3. Гармоник тебранма ҳаракат тенгламасини ёзинг.
4. Математик маятник деб нимага айтилади.
5. Математик маятникнинг тебраниш даври формуласини келтириб чиқаринг.
6. Математик маятник ёрдамида эркин тушиш тезланишини аниқлаш формуласини келтириб чиқаринг.
7. Резонанс ходисасини тушинтиринг. Расмда кўрсатилган ходисаларни қандай изоҳлайсиз?



ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ №4

ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ СОЛИШТИРМА ИССИҚЛИК СИҒИМИНИ АНИҚЛАШ

Ишнинг мақсади:

Қиздирилган мис, қўрғошин ва шишани совуқ сув билан аралаштириш ва аралашманинг температурасини ўлчаш.

Мис, қўрғошин ва шишанинг иссиқлик сиғимини аниқлаш.

Керакли жихозлар: Дуяр идиш, дуяр идиш ғилофи, мис, шиша ва қўрғошин питралари, лаборатория тарозиси, термометр, буғ генератори, қиздириш аппарати, U-симон штатив, силикон қувур.

Назарий маълумотлар

Иссиқлик сиғими

Системанинг ҳароратини ўзгартириш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори Q , система массаси m ва ҳароратнинг ўзгариши ΔT боғлиқлиги тажриба орқали аниқланган. Q , m ва ΔT ўртасидаги муносабатни қуйдагича кўринишда ёзиш мумкин

$$Q = mc\Delta T$$

Бу ерда c -берилган моддани характерлайди ва солиштирма иссиқлик сиғими дейилади. Доимий 1 атмосфера босими остида ва 15°C ҳароратли сув учун $c=1,00$ ккал/кг. $^{\circ}\text{C}$ ёки $4,18 \cdot 10^3$ Ж/кг. $^{\circ}\text{C}$ га биз эга бўламиз. Бундан кўринадики 1 кг сувни 1°C га кўтариш учун 1 ккалория иссиқлик талаб қилинар экан. 1-жадвалда 20°C ҳароратда бир неча тур моддаларнинг солиштирма иссиқлик сиғими келтирилган. Иссиқлик сиғими c қандайдир миқдорда ҳароратга боғлиқ, лекин унча юқори бўлмаган ҳарорат оралиғида уни кўп ҳолларда доимий деб қараш мумкин.

($Q=mc\Delta T$) ифода билан аниқланадиган иссиқлик сиғими иситиш жараёни қандай таризда амалга ошаётганига бўғлиқ бўлади. Тасавур қиламиз иситиш доимий босимда амалга ошмоқда, бундай иситишдаги иссиқлик сиғими c -доимий босимдаги иссиқлик сиғими дейилади ва қуйидагича белгиланади c_p . Худди шу қиймат 1- жадвалда келтирилган. Бу қийматларни қаттиқ ва суюқ жисимлар учун осон ҳисоблаш мумкин. Жисмга яна бошқа иссиқлик узатиш шароити ҳам мавжуд. Мисол учун модда ўзгармас ҳажимда қолсин (бу ҳолда босим ўзгариш мумкин), бу ҳолда биз c_v билан белгиланадиган доимий ҳажимдаги иссиқлик сиғимига эга бўламиз. Қаттиқ жисм ва суюқликда c_p .ва c_v орасидаги фарқ бирнеча фоизни ташкил қилади. Газлар учун бу фарқ анча юқори бўлади.

1- жадвал. Доимий 1 атмосфера босимда ва 20°C ҳароратда бази моддаларнинг солиштирма иссиқлик сизими

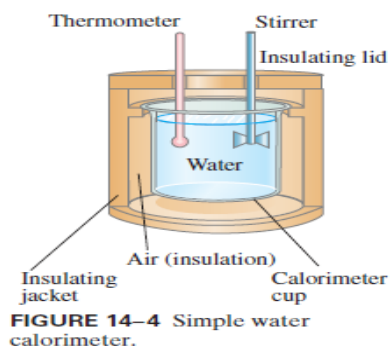
Модда	Солиштирма иссиқлик сизими c_p	
	ккал/кг. $^{\circ}\text{C}$	Ж/ кг. $^{\circ}\text{C}$
Алюмин	0,22	900
Мис	0,093	390
Шиша	0,20	840
Муз(-5°C)	0,50	2100
Темир ёки пўлат	0,11	450
Қўрғошин	0,031	130
Мармар	0,21	860
Кумуш	0,056	230
Этил спирти	0,58	2400
Симоб	0,033	140
Сув (15°C)	1,00	4186
Буғ (110°C)	0,48	2010
Одам танаси	0,83	3470
Оқсил	0,4	1700

Юқори ҳарорат ва термодинамикани муҳокама қилишда ҳар доим биз муҳим системаларни қараймиз. Системанинг бир неча тоифалари (турлари) мавжуд. Ёпиқ системада ҳеч қандай масса (энергия) йўқотиш бўлмайди, очик системада бунинг акси бўлади. Физика фанида ёпиқ системани ўрганати. Кўп системалар, ўсимлик ва ҳайвонлар, очик система булар атроф муҳит билан модда алмашуви содир бўлади. Ёпиқ система атроф муҳит билан модда алмашуви бўлмайди, агар қандайдир энергия унинг чегарасидан ўтса у ёпиқ система ҳисобланмайди.

Ташқи муҳитдан ҳимояланган системаларнинг ҳарорати турлича бўлса, иссиқлик ҳарорати юқорисидан ҳарорати пастига узатилади. Системаларнинг ҳарорати тенглашганда иссиқлик мувозанати юз беради. Агар система ташқи муҳитдан тўлиқ ҳимояланган бўлса, у ҳолда унга ҳеч қандай энергия бермайди ҳам ва олмайди ҳам. Энергиянинг сақланиш қонунига асосан системанинг бир қисми йўқотган иссиқлик миқдори, системанинг бошқа қисмининг олган иссиқлик миқдорига тенг бўлади.

Йўқотган иссиқлик миқдори. Олинган иссиқлик миқдори

Ҳар хил жисмларнинг иссиқлик сизимини таққослаш учун махсус ўлчов асбобидан фойдаланилади, бу асбоб колориметр деб аталади. Колориметр метал идиш бўлиб шакли худди стакандек бўлади. Унинг тузилиши (FIGURE 14-4) 1-расмда тасвирланган.



(FIGURE 14-4) 1-расм .Simple water calorimetr-Оддий сувли колориметр.
Thermometer- Термометр
Stirrer- Аралаштиргич (Мешалка)
Insulating lid- Ҳимоя қапқоғи
Water- Сув
Air(insulation)- Ҳаволи Ҳимоя
Insulating jacket- Ҳимоя қобиғи
Colorimetr cup- колориметр стакани

Бу идиш қапқоқ билан бекитилган бўлиб, у катта идиш ичига жойлаштирилади ва икки идиш орасида ҳаво қатлами қолади. Барча эҳтиёткорликлар атроф муҳит билан иссиқлик алмашишини камайтиради. Колориметрнинг муҳим қўлланишларидан бири бу моддаларнинг иссиқлик сиғимини аниқлашдан иборатдир. Аралаштириш усули деб номланган усул орқали, берилган модда наъмунаси юқори ҳароратгача қиздирилади ва юқори ҳароратда ўлчанади. Қиздирилган жисм тезда колориметр сувга туширилади қопқоқ ёпилади, колориметрда ҳарорат ўрнатилиши кутилади (сув билан жисм ҳарорати тенглашади). Кейин натижавий T ҳарорат ўлчаб модданинг иссиқлик сиғимини ҳисоблаш мумкин.

Иссиқлик узатиш назариясига асосан, ҳар қандай жисм ўзида қандайдир моддалар миқдоридан иборат, агар жисмга модда миқдори ўтса, унда жисм ҳарорати ортади: агар жисмдан иссиқлик узатиш олинса ҳарорат камаяди. Агар жисм парчаланса, у ҳолда сезиларли миқдорда ҳароратдан соқит бўлади. Иссиқлик узатиш жараёнида ҳеч қачон жисм массасида ўзгариши сезилмайди ва ҳеч қандай бошқа метод орқали ҳам иссиқлик узатишни пайкаб бўлмайди. Шунинг учун таклиф қилинадикки теплороднинг массаси, ҳиди, таъми, ранги йўқ. Бу ҳолатнинг бир неча яширин характериға қарамасдан теплород назарияси кўпгина кузатилган ҳолатни тушинтирди, хусусий ҳолда иссиқ оқим иссиқ жисмдан совуқ жисмга ўтади.

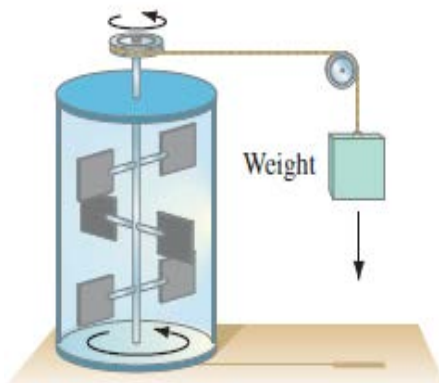
Иссиқликнинг ишлатиладиган ўлчов бирликларида бири бу калориядир. Бу бирлик қуйидагича аниқланади: Бу бирлик массаси 1 г бўлган сувнинг ҳароратини бир градус Цельсийга кўтариш учун керак бўлган иссиқлик миқдоридир, яъни $14,5^{\circ}\text{C}$ ҳароратдан $15,5^{\circ}\text{C}$ ҳароратга кўтаришдир.

Бу аниқ такидланган ҳарорат шунинг учун кўрсатилганки, қиздириш учун керак бўлган иссиқлик миқдори ҳароратга боғлиқдир. (Ҳароратнинг 0 дан 100° оралиғида бу ўзгариш 1 % катта эмас ва бошқа мақсадлар учун бу фарқни инобатга олиш керак.) Кўпинча анча катта ўлчов бирликдан фойдаланилади- бу килокалориядир (ккал). $1 \text{ ккал} = 1000 \text{ кал}$. Шундай қилиб 1 ккал-бу 1 кг сувнинг ҳароратини 1°C кўтариш учун зарур бўлган иссиқлик миқдоридир ($14,5$ дан $15,5^{\circ}\text{C}$). Базида килокалорияни катта калория деб

айтишади, айнан шу бирлик ёрдамида энергия нархи, ёки овкатларнинг калорияси кўрсатилади.

Теплород назариясининг асосий қийинчиликларидан бири, бу ишқаланиш ҳисобига олинган тўлиқ иссиқлик миқдорини ҳисоблаш мумкин эмаслигидир. Агар икки кафтини ёки икки метал бўлагини бир бирига узок ишқаласа, чекланмаган миқдорда иссиқлик олиш мумкин. Амеркалик олим Бенжами Томсон (1753-1814) кейинчалик граф бўлган Румфорд Баварский, ўқ отар куролининг стволини тешиш жараёнини кузатишда бу қийинчиликка тўқнаш келади. Курулнинг стволини тешиш жараёнида ствол тешигига доимий равишда совуқ сув қуюиб ствол совутилиб турилди. Қайнаган сувнинг исрофини камайтириш учун совуқ сувдан фойдаланилади. Шунинг учун Румфорд теплород назариясида четлашиб ва бунинг ўрнига иссиқлик ҳаракатнинг асосий кўриниш ҳодисаси эканлигини таклиф қилди (мисол учун икки жисимнинг бир бирига ишқаланиш жараёни). Бу ғоя 1800 йилнинг бошларида бошқа изланувчи томонидан ривожлантирди, бу ингилиз пиво қайнатувчиси Жеймс Жоуль эди. Жоуль бир қанча тажрибалар ўтказди

2- расимда Жоулнинг қисқартирилган тажрибасининг схемаси кўрсатилган.



Расим-2. Иссиқликнинг механик эквивалентини аниқлага доир Жоуль тажрибаси.
weight-юк

Осилга жисм лопаткалари бўлган трубинани айланишга мажбур қилади. Лопаткаларнинг сувга ишқаланиши натижасида сувнинг ҳарорати бир мунча кўтарилади (айнан ҳароратнинг кўтарилиши Жоуль томонидан ўлчанган). Айтиш мумкинки ҳароратнинг кўтарилишини газ плитка горелкасида сувни қиздириш орқали олиш мумкин. Бу ва бошқа бир қанча тажрибаларда (булардан бир қанчасида электр энергиясига киради) Жоуль пайқади, малум иш ҳамиша малум иссиқлик миқдорига эквивалентдир. Сон жихатидан $4,186$ жоуль иш 1 калория (кал) иссиқликка эквивалентлиги кўрсатилган. Бу мослик маълумки худди иссиқликнинг механик эквивалентидек:¹

$$4,186 \text{ Ж} = 1 \text{ кал}, \quad 4,186 \cdot 10^3 \text{ Ж} = 1 \text{ ккал}$$

Бу икки тажриба ва бошқа тажрибалардан сўнг олимлар иссиқликни қандайдир модда ҳолати ёки эенрия формаси эканлиги тасавуридан воз кечиб, иссиқлик бу энергияни узатиш туридир деган хулосага келди. Анча

юқори ҳароратга эга бўлган жисмдан, ҳарорати анча паст бўлган жисмга ўтади иссиқлик ўтади, айнан энергия иссиқ жисмдан совуқ жисмга ўтади. Иссиқлик-бу ҳароратлар фарқи турлича бўлган жисмлардан бир бирига энергия ўтишидир. Халқаро бирликлар системасида (ХБС) иссиқликнинг ўлчов бирлиги энергиянинг турли кўринишида жоулдир. Базида иссиқликнинг системадан ташқари бирликлари ишлатилади бу калория ва килокалориядир. Ҳозирги пайтда калорияни жоуль орқали аниқлайди. Юқоридаги тарифга асосан ($4,186 \text{ Ж}=1 \text{ кал}$), бу юқоридаги тарифга мос келади. Ҳозирги пайтда бошқа аниқлаш қўлланилади: $1 \text{ кал}=4,184 \text{ Ж}$. Бу иссиқлик термохимиявий калория деб аталади.

Молекуляр кинетик назариянинг ривожланиши, иссиқлик бу энергия узатиш тури эканлигини тўлиқ тушинтирди. Газ плиткасидаги идишдаги сувнинг қизишини кузатамиз. Молекуляр кинетик назарияга асосан ҳароратнинг ортиши билан молекулаларнинг кинетик энергияси ортади, ўз навбатида аланга молекулаларининг кинетик энергияси сув молекулаларининг кинетик энергиясидан катта бўлади. Юқори кинетик энергияга эга бўлган аланга молекулалари идиш молекулалари билан тўқнашганда ўз энергиясининг бир қисмини беради, худди ҳаракатдаги билирд шар тинч турган шарга келиб урилгандек. Юқори кинетик энергияга эга булган идиш молекулалари тўқнашиш ҳисобига ўз энергиясини сув молекулаларига беради. Шу жараён ҳисобига идишдаги сувнинг ҳарорати ортади.

Ишни бажаришга доир назарий маълумотлар

Мазкур тажрибада питра шаклидаги турли материалларнинг солиштирма иссиқлик сифими коэффиценти аниқланади. Ҳар бир ҳол учун питралар торозида тортилади ва T_1 температурагача қиздирилади, кейин массаси торозида тортиб аниқланган T_2 температурали сув қуйилади.

Яхши аралашгандан кейин иссиқлик алмашуви эвазига питра билан сув умумий температурага эришади T_m . Бунда питрадан ажралган иссиқлик миқдори ΔQ_1 .

$$\Delta Q_1 = c_1 m_1 (T_1 - T_m)$$

(бу ерда m_1 питра массаси, c_1 -питранинг солиштирма иссиқлик сифими) сув ютган иссиқлик миқдори ΔQ_2 тенг

$$\Delta Q_2 = c_2 m_2 (T_m - T_2)$$

Бу ерда m_2 -сув массаси.

Бу ерда сувнинг солиштирма иссиқлик сифими коэффиценти c_2 аниқ, температураси эса буғ температурасига тенг деб фараз қилинади. Наъмалум c_1 нинг қиймати улчанган T_m , T_2 , m_1 ва m_2 нинг қийматлари буйича қўйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$c_1 = c_2 \frac{m_2 (T_m - T_2)}{m_1 (T_1 - T_m)}$$

Калориметрнинг ичи ҳам питрадан ажралган иссиқликнинг бир қисмини ютади. Демак, калориметрнинг иссиқлик сиғими қуйидагига тенг бўлади

$$C_k = c_2 \cdot m_k$$

Шундай қилиб, калориметир идишининг сув эквиваленти m_k ҳисоблашларда ҳисобга олинади. $\Delta Q_2 = c_2 m_2 (T_m - T_2)$ формула билан ҳисобланган ютилган иссиқликнинг миқдори анча аниқроқ ҳисобланади

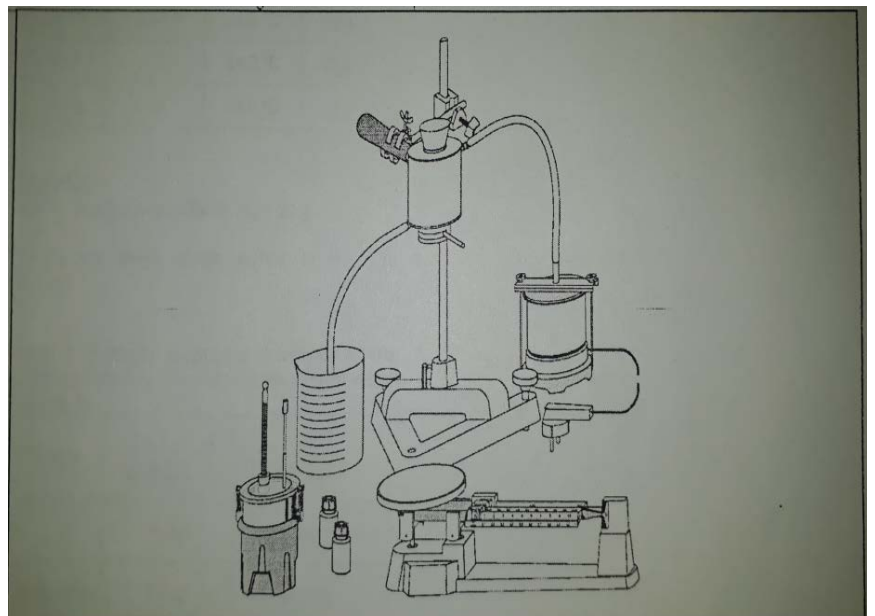
$$\Delta Q_2 = c_2 (m_2 + m_k) (T_m - T_2)$$

ва уни ҳисобга олган ҳолда $c_1 = c_2 \frac{m_2 (T_m - T_2)}{m_1 (T_1 - T_m)}$ формулани қуйидаги кўринишга келади:

$$c_1 = c_2 \frac{c_2 (m_2 + m_k)}{m_1 (T_1 - T_m)}$$

Тажриба қурилмаси

Каттик
жисмнинг солиш-
тирма иссиқлик
сиғимини аниқлаш
учун тажриба
қурилмаси 3-расмда
тасвирланган. Ишни
бажариш тартиби
қуйидагича амалга
оширилади:
Қиздиргични
штативга ўрнатинг:



3-расм

Буғ генераторини сув билан тўлдириш ва эҳтиётлик била қурилмани бекитиш ва уни циликон қувур ёрдамида қиздиргичнинг юқорисига (буғ қириши) шлангли бирикмага уланг.

Циликон қувурни қиздиргичнинг пастидаги шлангли бирикмага (буғнинг чиқиши) уланг ва қувурнинг иккинчи учини мензуркага солинг. Барча бирикмаларга циликон қувурлар ишончли маҳкамланганини кўздан кечириш.

Ишни бажариш тартиби:

1. Киздиргичнинг намуналар камерасини кўрғошин питраси билан тўлдириш ва имкон борича уни стопор билан зич қилиб беркитиш.
2. Буғ генераторини электр тармоғига уланг, шундан кейин эса қиздиргичдаги питраларни улар орқали буғ утказиб 20-25 вақт давомида қиздириш.
- Бу вақт давомида: буш дуяр идишининг массасини аниқланг, шундан сўнг унга тахминан 180 грамм сув қуйинг.
3. Дуяр идишни ғилофга солинг ва мос равишда термометир ёки температура датчигини қўйинг.
4. Сув температураси T_2 ни ўлчанг.
5. Дуяр идишнинг қопкогини очинг ва уни четга суришг: намуналар учун мўлжалланган торни дуяр идишга киритинг. Температураси 100°C бўлган питраларни намуналар учун мўлжалланган торга ташланг, қопқоқни ёпинг ва питраларни сув билан астойдил аралаштиринг. Сув температураси кўтарилмаي қолганда, аралашманинг температурасини аниқланг. Қўчимша равишда питраларнинг массасини аниқланг.

6. Солиштирма иссиқлик сиғимини $c_1 = c_2 \frac{c_2(m_2 + m_k)}{m_1(T_1 - T_m)}$

7. Мис ва шиша питралар билан тажрибани такрорланг.

Тажриба намунаси.

Сув массаси: $m_1 = 180$ грамм

Питра температураси: $T_2 = 100^{\circ}\text{C}$

1-жадвал. Моддалар солиштирма иссиқлик сиғимининг ўлчанган қийматлари.

Модда	Ж/кг $^{\circ}\text{C}$	$T_1, ^{\circ}\text{C}$	$T_m, ^{\circ}\text{C}$
Кўрғошин	77	24,5	24,5
Мис	69	24,0	26,2
Шиша	19	23,8	24,9

Хисоблар:

Калориметрнинг сув эквиваленти: $m_k = 23$ грамм.

Сувнинг солиштирма иссиқлик сиғими: $c_2 = 4,19$ (Ж/кг $\cdot$ К)

2-жадвал. Тажрибада аниқланган солиштирма иссиқлик сиғимлари қийматлари ва адабиётдан олинган уларга мос натижалар.

Модда	C кЖ/К·кг	c кЖ/К·кг
	Тажриба	Адабиётдаги натижалар
Кўрғошин	0,133	0,1295
Мис	0,367	0,385
Шиша	0,656	0,746

Хулосалар: Материалнинг турига боғлиқ равишда қаттиқ жисмларнинг солиштира иссиқлик сиғими тадқиқ қилинди ва уларнинг қиймати сувнинг солиштира қиймати иссиқлик сиғимига нисбатан анча кичик эканлиги аниқланди.

Назорат саволлари

1. Идеал газнинг ички энергияси нима ва у ҳаракатининг қандай турлари билан боғланган.
2. Жисмнинг эркинлик даражаси деб нимага айтилади.
3. Иссиқлик сиғими деб нимага айтилади.
4. Солиштира иссиқлик сиғими деб нимага айтилади.
5. Термодинамиканинг биринчи қонунига таъриф беринг.
6. Энергиянинг сақланиш қонуни асосида газнинг сиқилиши натижасида температурасининг ортишини ва газ кенгайганда температурасининг пасайишини тушунтиринг.
7. Ишни бажариш тартибини тушинтиринг?
8. Ишчи формулани келтириб чиқаринг?

Адабиётлар

1. Нуъмонхужаев А.С. Физика курси, 1-қисм, Т, "Ўқитувчи" 1993 йил, 11-боб.
2. Ахмаджонов О.И. Физика курси, "Механика ва молекуляр физика", 1-қисм, Т, "Ўқитувчи" 10-боб.
3. Савельев И.В. "Умумий физика курси" 1-т, Т, "Ўқитувчи" 11-боб.
4. Майсова Н.Н. "Практикум по курсу общей физики" М. 139-148 с.

5- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ИЧКИ ИШҚАЛАНИШ КОЭФФИЦЕНТИНИ СТОКС УСУЛИ БИЛАН АНИҚЛАШ

Ишнинг мақсади: Стокс усули-суюқлик ичида тик йўналишда ҳаракатланувчи шарчага таъсир этувчи кучларнинг мувозанат шарти асосида суюқликнинг ички ишқаланиш коэффицентини аниқлаш.

Керакли асбоб ва буюмлар: узунлиги 100-150 см ва диаметри 10-15 см бўлган цилиндрик шиша идиш: текшириладиган суюқлик, кичик кўрғошин ва металл шарчалар, секундомер, чизигич.

НАЗАРИЙ ҚИСМ

Ҳар қандай суюқликларнинг бир қатлами иккинчи қатламга нисбатан ҳаракатланганда улар орасида ишқаланиш кучлари ҳосил бўлади. Тезроқ ҳаракат қилаётган қатламга тезлаштирувчи куч таъсир этса, аксинча секинроқ ҳаракат қилаётган қатлам томонидан тезроқ ҳаракат қилаётган қатламга секинлантирувчи куч таъсир этади.

Бу куч ўзаро ҳаракатланувчи суюқлик қатламларининг сиртига уринма равишда йўналган бўлади.

Тажрибалар ишқаланиш кучи текшириладиган қатламлар юзасига ва қатламлар орасида тезликнинг қанчалик тез ўзгаришига боғлиқ эканини кўрсатади.

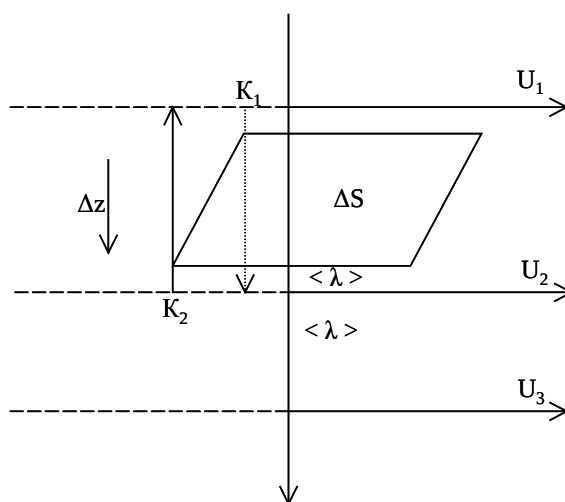
Бир-биридан ΔZ масофада бўлган икки қатлам мос равишда U_1 ва U_2 тезликлар билан оқаётган бўлса, (1-расм) тезликлар фарқи $\Delta U = U_1 - U_2$ бўлади.

Қатламлар орасидаги масофа оқиш тезлигига тик йўналишда олинади. Бир қатламдан иккинчи қатламга ўтганда тезликнинг қанчалик тез ўзгаришини кўрсатувчи катталиктига $N_u = \Delta U / \Delta Z$ тезлик градиенти дейилади. Демак тезлик градиенти оқиш тезлигига тик йўналишда бирлик қатламда тезликнинг ўзгаришига тенг экан. Градиент тезликнинг ортиш йўналишида олинади.

Ньютон ички ишқаланиш кучи F , тезлик градиенти N_u ва ишқаланувчи қатламлар юзаси ΔS га пропорционал бўлишини кўрсатади, яъни:

$$F = \eta \left| \frac{\Delta U}{\Delta Z} \right| \cdot \Delta S \quad (1)$$

Суюқликнинг хусусиятига боғлиқ бўлган катталик η суюқликнинг ички ишқаланиш коэффицентини ёки ёпишқоқлик коэффицентини дейилади.



Формула (1) дан
$$\eta = \frac{F}{\frac{\Delta U}{\Delta Z} \Delta S} \quad (2)$$

Бунда $\Delta S=1$ ва $Nu=1$ десак $\eta=F$ бўлади.

Демак ички ишқаланиш коэффиценти қиймат жиҳатидан тезлик градиенти бир бирликка тенг бўлганда бирлик юзада ҳосил бўлган ички ишқаланиш кучига тенг бўлар экан. Ички ишқаланиш коэффицентининг бирлиги қилиб СГС системада Пуаз қабул қилинган. 1 Пуаз тезлик градиенти 1см/с/см бўлганда 1 см² юзага 1 дина куч таъсир эта оладиган суюқликнинг ички ишқаланиш коэффицентидир.

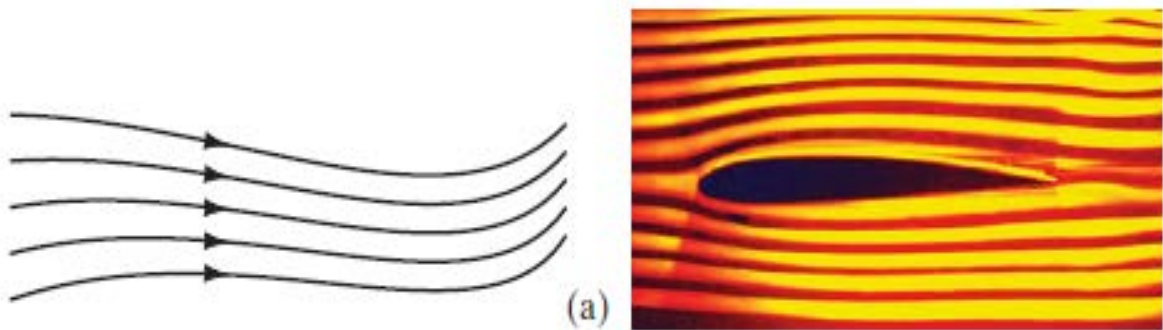
СИ системасида ички ишқаланиш коэффицентининг бирлиги

$$\frac{H \cdot c}{m^2} = \frac{кг}{м \cdot c}$$

Суюқликларнинг ички ишқаланиш коэффиценти суюқлик табиатига боғлиқ бўлиб, ҳароратнинг ортиши билан камаяди.

Асбобнинг тузилиши ва иш услуби

Агар жисм r -радиусли шарча кўринишда бўлиб, суюқлик ичида ўз кетида ҳеч қандай уюрмалар ҳосил қилмай тушса (шарчанинг ўлчами ва тезлиги кичик) Стокс қонунига кўра, унга ишқаланиш туфайли қуйидаги куч таъсир этади (2-расм):

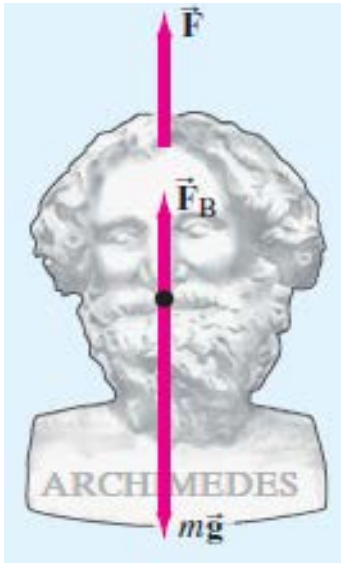


2-расм

$$F = 6\pi\eta vr \quad (1)$$

Бунда r -шарчанинг радиуси, v -шарчанинг барқарорлашган ҳаракат тезлиги η - муҳитнинг ички ишқаланиш коэффиценти ёки қовушоқлик коэффиценти.

Суюқлик ичида тушаётган шарчага вертикал бўйлаб учта куч таъсир қилади (3-расм):



3-расм

1. Пастга йўналган оғирлик кучи:

$$P = mg = \rho Vg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g \quad (2)$$

бунда r -шарчанинг радиуси: ρ -шарчанинг зичлиги: g -эркин тушиш тезланиши.

2. Юқорига йўналган кўтариш кучи: Архимед қонунига асосан шарча сиқиб чиқарган суюқликнинг оғирлик кучига тенг.

$$F_A = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_0 g \quad (3)$$

бунда ρ_0 -суюқликнинг зичлиги.

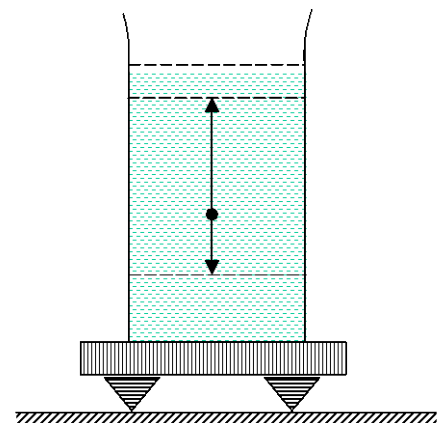
3. Шарчанинг ҳаракатига тескари яъни юқорига йўналган қаршилик кучи - Стокс кучи таъсир қилади. $F = 6\pi\eta vr$. Демак шарчага таъсир қилувчи кучлар бир тўғри чизик бўйлаб, яъни оғирлик кучи пастга суюқликнинг кўтариш кучи ва қаршилик кучлари юқорига йўналади 4-расм. Бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$R = P - (F + F_A) \quad (4)$$

Шарчанинг суюқлик ичидаги ҳаракатини икки босқичга ажратиш мумкин. Биринчи босқичда шарча тезланувчан ҳаракат қилиб, бу ҳаракат давомида шарчага таъсир қилувчи кучларнинг тенг (4-формулага қаранг) таъсир этувчиси R камая боради. Чунки шарчанинг ҳаракат тезлиги ортиши билан унинг ҳаракатига қарши йўналган F қаршилик (Стокс) кучи ҳам ортиб боради. Биринчи босқичда шарчанинг ҳаракат тенгламасини Ньютоннинг 2 қонунига асосан қуйидагича ёзилади.

$$m \frac{dv}{dt} = P - F_A - F \quad (5)$$

бунда m -шарчанинг массаси, $\frac{dv}{dt}$ шарчанинг тезланиши. 4-расм



Иккинчи босқичда: вақтнинг бирор пайтидан бошлаб кучларнинг тенг таъсир этувчиси $R = 0$ бўлади. Яъни, кўтарувчи куч билан қаршилик кучи қўшилиб оғирлик кучини мувозанатлайди. Натижада шарча тезланишсиз текис ҳаракат қилади. У ҳолда (5) тенглама қуйидаги кўринишга келади:

$$\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{F} = 0 \quad (6)$$

(6) даги P -оғирлик, F_A -Архимед ва F - Стокс куч векторлари бир тўғри чизик бўйлаб йўналганлиги учун уларнинг скаляр кўринишдаги ифодаси ҳам шундай бўлади: $P - F_A - F = 0$ (7)

(1), (2) ва (3) лардан P, F_A ва F кучларнинг ифодаларини (7) га қўйсак, қуйидаги;

$$\frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho - \rho_0) - 6\pi\eta v r = 0$$

тенгламани оламиз ва бундан η - ички ишқаланиш коэффициентини аниқласак

$$\eta = \frac{2(\rho - \rho_0)}{9} \frac{gr^2}{v} \quad (8)$$

шарча диаметри $d=2r$ ва $v = \frac{\ell}{t}$ бўлгани учун:

$$\eta = \frac{1}{18}(\rho - \rho_0) \frac{d^2 t}{\ell} g \quad (9) \quad \text{бўлади.}$$

(9) формуладаги ρ, ρ_0, g ва ℓ лар ўзгармас катталиклар бўлгани учун

$$C = \frac{1}{18}(\rho - \rho_0) \frac{g}{\ell} \quad (9a) \quad \text{деб белгилаймиз.}$$

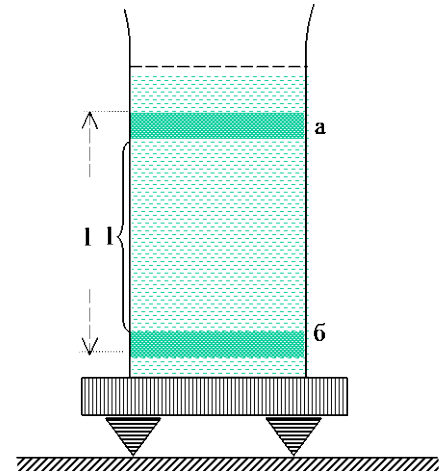
Нативавий формуламиз қуйидаги кўринишга келади:

$$\eta = Cd^2 t \quad (10)$$

Ички ишқаланиш коэффициентини Стокс усулида аниқлашда ишлатиладиган қурилма 5-расм) диаметри 5-10 см, узунлиги 60-80 см бўлган шиша идишдан иборат, унга текшириладиган суюқлик: кастор мойи гилицерин қуйилади ва вертикал ўрнатилади. Цилиндр деворида "а" ва "б" белгилар қўйилган бўлиб, улар орасидаги масофа ℓ га тенг. Бу ораликда кучлар мувозанатда бўлиб, шарча текис ҳаракат қилади. Шарча цилиндрнинг вертикал ўқи бўйлаб ҳаракатланиши учун идиш оғзига воронка қўйилади.

Ишни бажариш тартиби

1. Микрометр ёки штангенциркуль ёрдамида шарчанинг диаметри 0,01мм аниқлик билан ўлчанади.
2. Уни цилиндр ичига тушириб "а" ва "б" белгилар орасидаги масофадан ўтиш вақти t ўлчаб олинади.
3. "а" ва "б" белгилар орасидаги масофа 1 мм аниқлик билан ўлчанади.
4. Шундай усул билан тажриба камида 5-10 та шарча билан такрорланади.
5. Тажриба натижаларини (10) формулага қўйиб, ички ишқаланиш коэффициенти η аниқланади. Топилган натижалар қуйидаги



5-расм

жадвалга ёзилади.

№	ρ кг/м ³	ρ_0 кг/м ³	ℓ м	d м	d^2 м ²	t с	η кг/м·с	$\langle \eta \rangle$	$\Delta \eta$	$\langle \Delta \eta \rangle$	$\frac{\langle \Delta \eta \rangle}{\langle \eta \rangle} \cdot 100\%$
1											
2											
3											
4											

Синов саволлари

1. Қовушқоқлик ёки ички ишқаланиш қандай юзага келади.
2. Тезлик градиентига таъриф беринг.
3. Ички ишқаланиш коэффицентини қандай ифода билан аниқланади.
4. Шарча суюқликда ҳаракатланганда унга қандай кучлар таъсир қилади.
5. Қандай шарт бажарилганда шарча тўғри чизиқли текис ҳаракат қилади.

Таянч сўзлар

Модда, газ, суюқлик, диффузия, кўчиш, ишқаланиш, градиент, қовушқоқлик, Архимед кучи, оғирлик кучи, Стокс кучи.

Адабиёт

1. Нуъмонхужаев А.С. Физика курси, 1-қисм, Т. "Ўқитувчи" 1993 йил. 12-боб.
2. Ахмаджонов О.И. Физика курси, "Механика ва молекуляр физика" 1-қисм, Т. "Ўқитувчи" 11-боб.
3. Савельев И.В. "Умумий физика курси" 1-т. Т. "Ўқитувчи" 12-боб.
4. Ҳайдарова М.Ш., Назаров У.Қ. Физикадан лаборатория ишлари. Т. "Ўқитувчи" 76-78 бет.

6 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ ЭЛЕКТРОСТАТИК МАЙДОННИ ЎРГАНИШ

Ишдан мақсад: Маълум шаклдаги электрод ўтказгич атрофида 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 атрофида 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 тесқари мутаносиб бўлиб, унинг йўналиши зарядларни бирлаштирувчи тўғри чизиқ билан устма-уст тушади".

Ҳалқаро бирликлар системаси (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, ϵ_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:

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

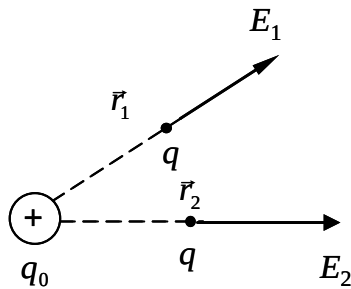
Электростатик майдоннинг таъсир даражасини характерлаш учун майдон кучланганлиги ва майдон потенциали деб номланган физик катталиклардан фойдаланилади. Жумладан, электростатик майдон кучланганлиги шу майдоннинг бирор нуқтасига киритилган бирлик мусбат зарядга таъсир қилувчи куч миқдори билан улчанувчи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

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

Кучланганлик вектор катталик бўлиб, унинг йўналиши майдоннинг ҳар бир нуқтасида шу нуқтага жойлаштирилган 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

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

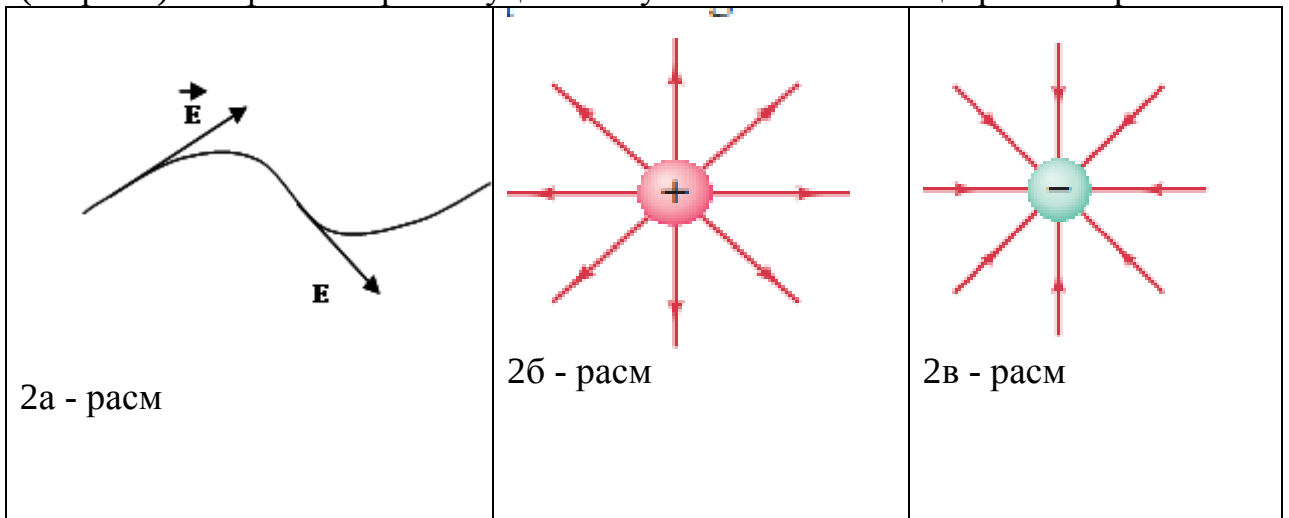


1-расм

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.

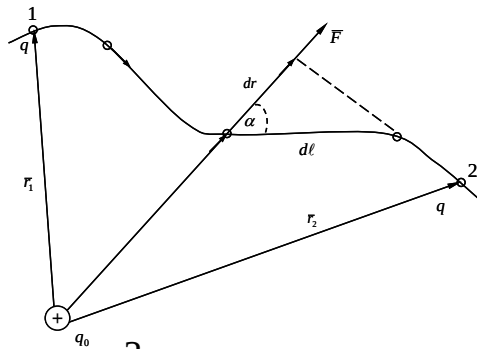
Электростатик майдонни график усул билан кучланганлик чизиқлари ёрдамида тасвирлаш алоҳида ўрин тутди. Электростатик майдоннинг кучланганлик чизиқлари шундай танланадики, уларнинг ҳар бир нуқтасига ўтказилган уринма майдоннинг шу нуқтадаги кучланганлик вектори билан устма-уст тушадиган чизиқлар туркумига 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.



Электростатик майдоннинг иккинчи асосий харақтеристикаси 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 куйидагича аниқлаймиз (3-расм).

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



3-расм

Кўчувчи зарднинг 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 кўринадики, 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 миқдorigа нисбати асосий заряд майдоннинг муайян нуқтаси учун ўзгармас катталиқ бўлиб, майдоннинг шу нуқтасининг потенциали деб аталади (бу катталиқ ϕ ҳарфи билан белгиланади), яъни:

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

Бу формуладан потенциал сон жиҳатдан бирлик мусбат заряднинг майдондаги муайян нуктада потенциал энергиясига тенг эканлиги кўринади. Демак майдоннинг 1 ва 2 нукталарининг потенциаллари мос равишда

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

кўринишга эга бўлади.

(9) ифода асосида q зарядни майдоннинг бир нуктасидан иккинчи нуктасига кўчиришда бажариладиган иш

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

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

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

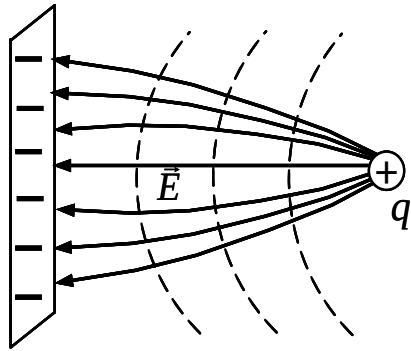
бўлади, чунки (9) ифодага кўра $r_2 \rightarrow \infty$ да $\varphi_2 = 0$ (11) ифодани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

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

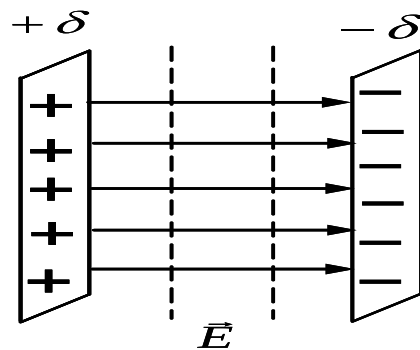
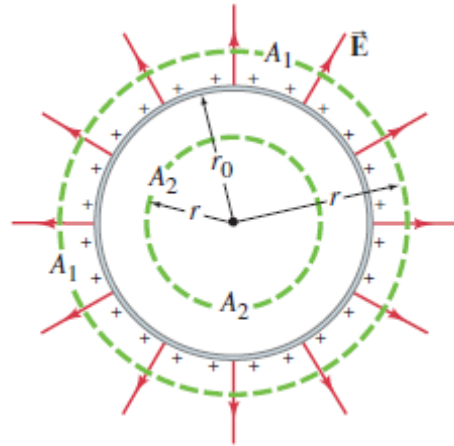
Бундан потенциал сон жиҳатдан майдон кучларининг бирлик мусбат зарядни муайян нуктадан чексизликка кўчиришда бажарган ишига тенг, деган хулоса келиб чиқади.

СИ системасида потенциал ва потенциаллар айирмаси бирлиги сифатида **Вольт** қабул қилинган. Қиймати бўйича 1 Вольт шундай нуктанинг потенциалига тенгки, 1 Кулон зарядни чексизликдан шу нуктага 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 нукталарнинг ҳам майдоннинг хусусиятини ўрганишдаги аҳамияти каттадир. Бундай нукталарнинг мажмуаси **эквипотенциал сиртни** ташкил қилади. Эквипотенциал сирт бўйлаб q зарядни кўчиришда бажарилган иш (10) ифодага асосан нолга тенгдир, чунки $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$. У холда (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-расм



4б-расм

4а-расмда манфий зарядланган Р текислик ва мусбат зарядланган q нуқтавий заряд орасида вужудга келган электр майдон, 4б-расмда эса карама-карши 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.

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 кўчираемиз. Эквипотенциал сиртлар орасидаги потенциаллар фарқи $\Delta\varphi$ га, улар орасидаги энг қисқа масофа эса Δx га тенг бўлсин. У ҳолда майдон кучланганлиги E ни Δx 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:

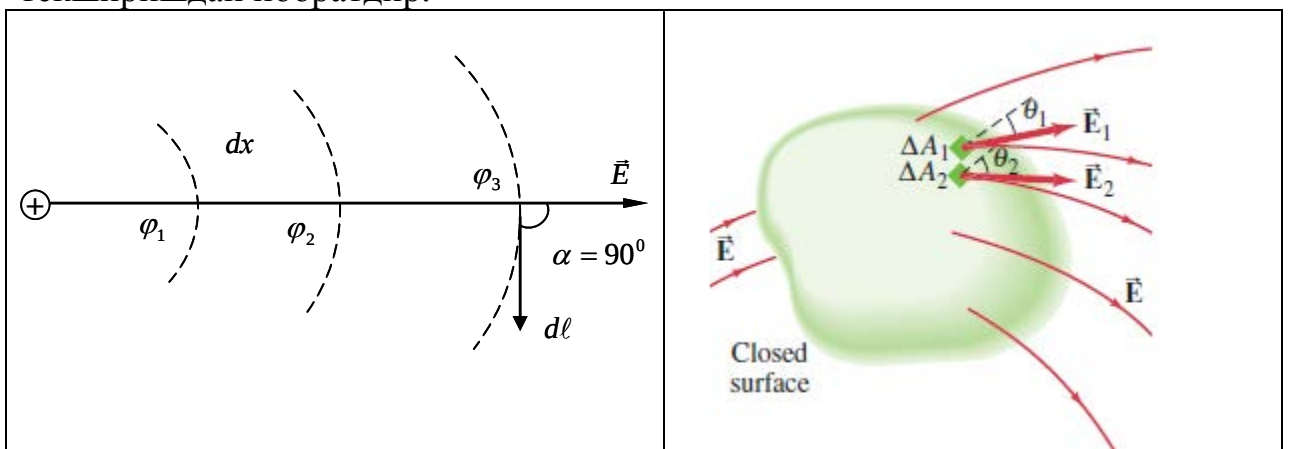
$$\Delta A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = q\Delta\varphi \quad (13')$$

Бу ифодаларни ўзаро тенглаштириб қуйидаги тенгликка эга бўламиз;

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

Демак, электр майдон кучланганлиги миқдорий жиҳатдан 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 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots$ 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.

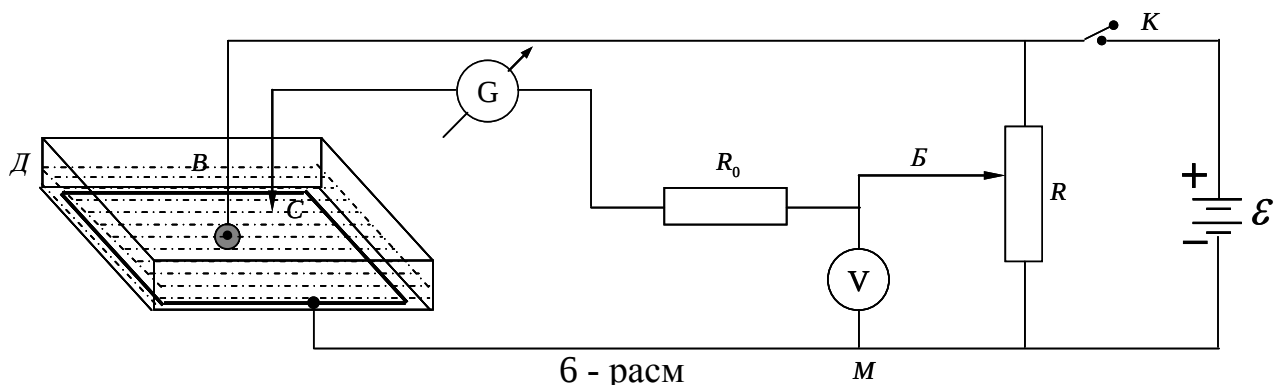


5 - расм

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 -кўшимча қаршилик, ε -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 **В** ва **Д** электродларни ўрнатиб $0,2 \pm 0,5$ см қалинликда сув қуйилади.
2. Кўзгалувчан контакт **Б** ни силжитиб **V** вольтметрда 5 В ли кучланиш ҳосил қилинади.
3. Зонд ёрдамида **В** электрод атрофида потенциали 5 В га тенг бўлган нуқталар қидирилади. (Топилган нуқталар орасидаги масофа 1 см дан ортмаслиги керак). Контакт эгаллаган **Б** нуқта билан **С** 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**, **У** 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 чизиқ нуқталарининг координатлари куйидаги 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	
		<i>x</i>	<i>Y</i>	- <i>x</i>	<i>y</i>	- <i>x</i>	- <i>y</i>	<i>x</i>	- <i>y</i>
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 чизикларининг эквипотенциал сиртларга перпендикуляр эканлигининг сабаби нимада.
6. Эквипотенциал чизиклар 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.

7 - 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 чизиқли хусусиятига эга бўлиб, қуйидагича ифодаланади:

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

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

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

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

Халқаро бирликлар системаси (СИ) да электр сиғим бирлиги қилиб **фарада (Φ)** олинган. Яккаланган ўтказгичга 1 Кл заряд берилганда унинг потенциаллари 1 В га ортса, шу ўтказгичнинг электр сиғими 1 *Фарада* га тенг бўлади, яъни

$$1 \Phi = 1 \text{ Кл} / 1 \text{ В}.$$

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

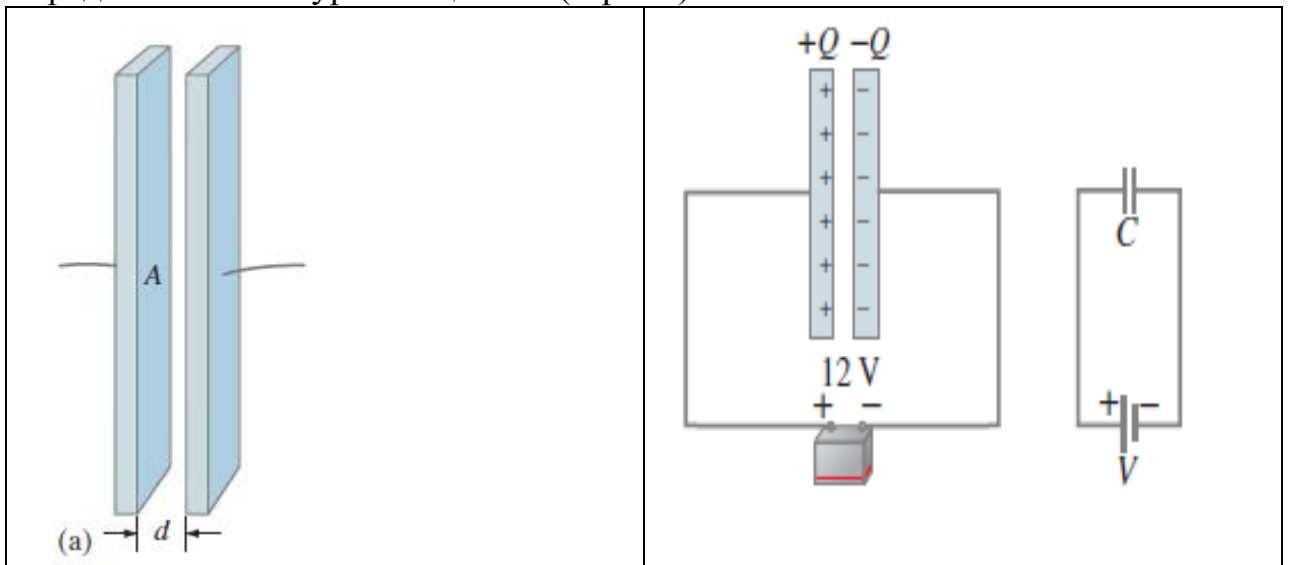
Амалий ишларда ўлчами кичик бўлса ҳам кўпроқ зарядни ўзида тўплай оладиган, яъни катта сиғимга эга бўла оладиган ўтказгичлар системасидан фойдаланишга тўғри келади. Бундай ўтказгичлар системаси **конденсатор** деб аталади. Масалан, бир-биридан диэлектрик муҳит билан ажратилган сирт юзлари тенг иккита ва ундан ортиқ ясси пластинкалардан иборат системага **ясси конденсатор** дейилади. Диэлектртик муҳит билан ажратилган иккита қўшни пластинка қарама-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 ε бўлган ясси конденсаторнинг электр сиғими юқоридаги катталиқлар орқали қандай ифодаланишини кўриб чиқайлик (1-расм).



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 σ - 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 қопламлар 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

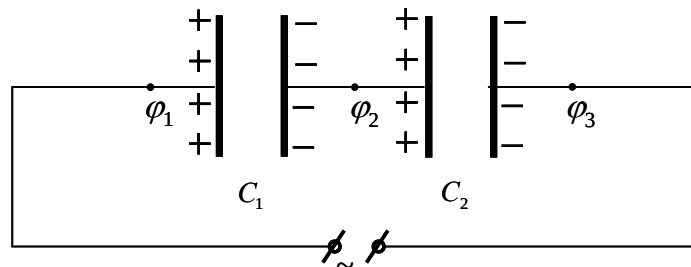
$$U = U_1 + U_2 \quad (8)$$

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 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (9)$ 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 сигими C_1, C_2, C_3 ва ҳоказо бўлса, бу ҳолда ҳар бир конденсатордаги зарядни

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

ифодалар билан аниқлаш мумкин. Барча конденсаторларнинг умумий заряди

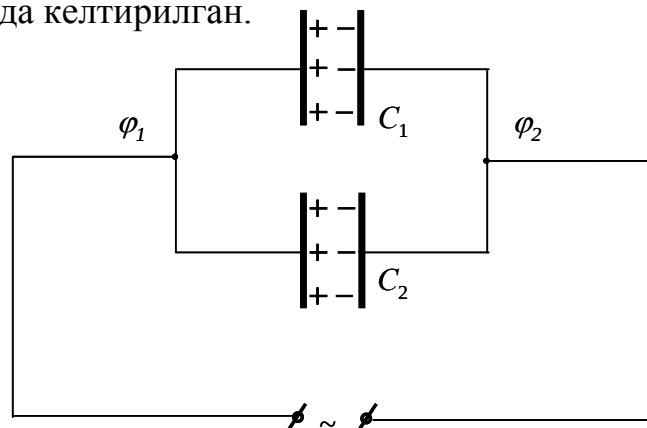
$$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots \quad (11)$$

(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 сигими

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

бўлади.

Бундан кўринадикки, умумий сигим уланган конденсаторлар сигимлари қийматларининг йиғиндисига тенг бўлар экан. Конденсаторларни параллел улаш схемаси 3-расмда келтирилган.



3-расм

Бу ишда конденсаторларнинг сигимлари 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 ε - ЭЮК нинг ихтиёрий t моментдаги қиймати, ε_0 - ЭЮК нинг максимал (амплитудавий) қиймати, ω - 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 дифференциаллаймиз 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:

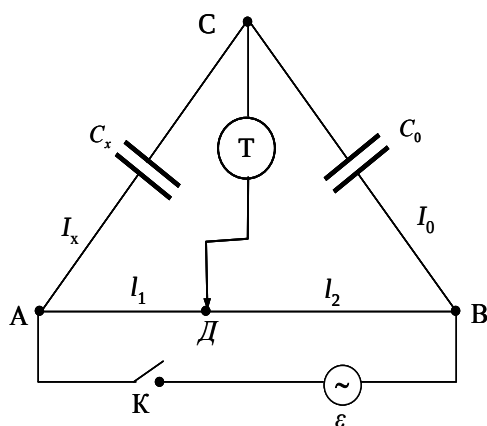
$$I_0 = C\omega\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_0}{\frac{1}{\omega C}} \quad (16)$$

кўринишга эга бўлади. (16) ифодани Ом қонуни формуласига ($I = \frac{\varepsilon}{R}$) билан таққосласак, $\frac{1}{\omega C}$ катталиқ қаршилик 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 ε ўзгарувчан ЭЮК манбаи, C_0 -сиғими маълум бўлган конденсатор, C_x -сиғими ўлчаниши лозим бўлган конденсатор, K - калит, занжирнинг СД қисмидаги телефон (Т) кўприк вазифасин ўтайди. Занжирнинг А ва В нуқталари реохордга уланган. Телефонга уланган симнинг Д учи реохорд бўйлаб ҳаракатга келтирилиб телефонда ток ўтиши тўхтаган ҳолат топилади.

Бу телефонда товуш бўлмаслигига кўра аниқланади. Бу ҳолатни кўприкнинг мувозанат ҳолати дейилади, бунда С ва Д нуқталардаги потенциаллар тенглашган бўлади. Реохорд симнинг Д нуқтага 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 занжирга нисбатан қуйидаги айниятларни ёзиш мумкин:

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

Шунингдек, С ва Д нуқталарда потенциаллар қийматларининг тенглиги ($\varphi_c = \varphi_D$)

$$\text{дан АСДА контур учун} \quad \varphi_A - \varphi_C = \varphi_A - \varphi_D \quad (19) \quad \text{ёки}$$

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

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

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

$$C_x = C_0 \frac{\ell_2}{\ell_1} \quad (23) \quad \text{ифода келиб чиқади.}$$

Бу ифода номаълум сиғим C_x ни ℓ_1 , ℓ_2 ва маълум C_0 нинг қийматлари орқали топишга имкон беради.

Ишни бажариш 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 ℓ_1 ва ℓ_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 ℓ_1 ва ℓ_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 олинadиган натижавий сиғим (9) ва (12) назарий формулалар бўйича ҳисобланиб, тажрибада олинган натижалар билан таққосланади.

Тажриба ва ҳисоблаш маълумотлари куйидаги жадвалга ёзиб борилади

Конденсаторлар	№	C_0 (ф)	ℓ_1 (м)	ℓ_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} кетма-кет уланган	1					
	2					
C_{x_1} ва C_{x_2} 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 аниқланади?
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.

ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ №8

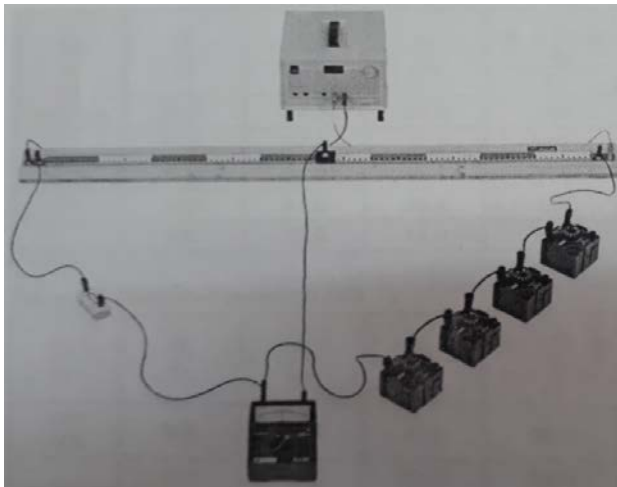
УИСТОН КЎПРИГИДАН ФОЙДАЛАНИБ ҚАРШИЛИКЛАРНИ АНИҚЛАШ

Тажрибалар мақсади:

- Уистон кўприги учун ноль методни тушинтириш;
- Қаршиликларни юқори аниқлик билан ўлчаш.
- Уистон кўприги ёрдамида ўтказгичнинг қаршилигини аниқлаш.

Асосий маълумотлар:

Чарлиз Уистон томонидан 1843 йилда кашф этилган кўприк схемаси методи қаршиликни ўлчашнинг бир имкониятини ифодалайди. Номалум қаршилик қиймати R_x бошқа бир жуда юқори аниқликда маълум бўлган R қаршиликнинг қиймати билан таққосланиб катта аниқлик билан ўлчаниши мумкин.



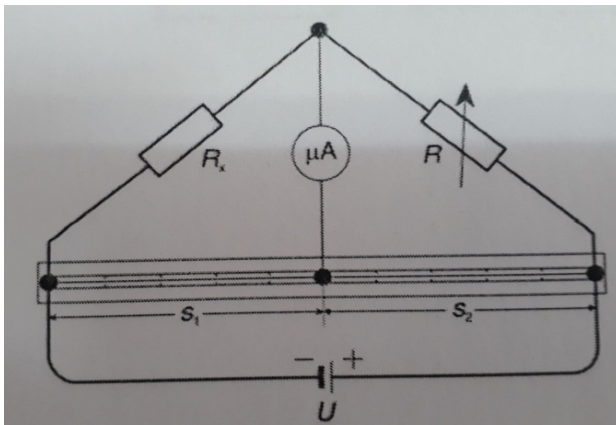
1-расм Тажриба қурилмасининг тузилиши

Тажриба пайтида узунлиги 1 м ва кўндаланг кесими ўзгармас бўлган ўтказгич симга U -кучланиш берилади. Симнинг учлари номалум қаршилик R_x га ва қаршиликлари юқори аниқлик билан аниқ бўлган ва кетма-кет уланган ўзгарувчан қаршилик R -га уланган (1-расмга қаранг). Ўтказувчи симнинг устига ўрнатилган сурғич контакт симнинг узунликлари S_1 ва S_2 бўлган икки қисмга ажратилган.

Сурғични контакт нол индикатор вазифасини вазифасини амперметр орқали R_x ва R қаршиликлар туташган нуқтага уланади. Агар амперметр роқали ўтаётган ток нолга тенг бўлса

$$R_x = \frac{S_1}{S_2} \times R \quad (1) \quad \text{га тенг бўлади.}$$

Шунинг учун қаршиликни ўлчашнинг нол балансли усули қаршиликдан оқаётган токдан боғлиқ бўлмайди ва стабилланмайдиган ток манбайи ёрдамида бажариш мумкин (2-расм).



2-расм

Бу экспериментал конфигурацияси учун энг яхши ўлчаш аниқлиги симметрик улаш йўли билан, яъни силжувчи контакт ўтказгич симнинг ўртасида жойлашганда ва шунинг учун S_1 ва S_2 қисмлар бир-бирига тенг узунликка эга бўлганда етишиш мумкин. У вақтда $R_x = R$ (2) бўлади.

Шунинг учун маълум бўлган қаршилик R нинг қиймати имкон борида тўғри ўлчанган бўлиши керак. Чунки аниқланаётган R_x қаршилик унга тенг бўлади. Юқоридагига алтернатив ҳолда, номаълум қаршилик (2) тенглама билан тўғридан тўғри олиш учун, дастлаб силжувчи контакт симнинг тенг ўртасига жойлаштирилиши лозим ва ўзгарувчан R қаршиликнинг қиймати амперметр нолини кўрсатгунча ўзгартириб бориши лозим. Бу ҳолда R -қаршиликнинг қиймати тўғридан тўғри изланаётган R_x номаълум қаршиликнинг қийматига тенг бўлади.

Тажрибалар учун қурилма (1) ва (2) расмдаги схемаларга мос бўлади. Номаълум қаршилик сифатида қиймати 10 Ом ўрнатилади. Ток манбаидаги кучланиш қиймати 2 V дан катта бўлмаслиги ва қаршиликлар бўлинмасидан ўтаётган ток кучи 250 mA дан катта бўлмаслиги лозим.

Ишни бажариш тартиби:

S_1 ва S_2 ларни танлаш билан нол балансига келтириш:

- Қаршиликлар бўлинмасида $R=0.5=R_x$ қаршиликни ўрнатиш.
- DC ток манбайини уланг ва унга $U=1$ V кучланишни ўрнатиш.
- Ўтказгич симда S_1 ва S_2 узунликларни шундай ўрнатиш, амперметр энг сезгир диапазонида $I=0$ A ни кўрсатсин.
- Қаршиликлар бўлинмасида R нинг қийматини орттириш ва тажрибани такрорланг.
- Ўлчаши лозим бўлган ҳар хил қийматли R_x қаршиликлар учун тажрибани такрорий ўтказиш
- Қаршиликлар бўлинмасида R ни танлаш билан нол балансига келтириш

-Ўтказгич симда S_1 ва S_2 узунликларни аниқ 50 см дан қилиб сурилувчи контактни ўрнатинг.

-Қиймати 10 Ом бўлган ўлчанадиган қаршилик R_x ни схема бўйича уланг ва унга мос R ни қаршиликлар бўлинмасида ўрнатинг.

-Ток манбаининг кучланишини 1 V га ўрнатинг.

-Қаршиликлар бўлинмасида R ни шундай танлангаки амперметр энг кичик диапазонда $I = 0$ А ни кўрсатсин.

- R ва R_x ларнинг қийматини ёзиб олинг.

-Ўлчаши лозим бўлган ҳар хил қийматли R_x қаршиликлар учун тажрибани такрорий ўтказинг.

Ўлчаш мисоллари ва уларнинг таҳлили S_1 ва S_2 ларни ўлчаш билан нол баланслаш

1-жадвал. Ўлчаш қаршилиги 10 Ом

R_x, Q	R, Q	S_1	S_2	Ўлчанган номаълум қаршилик қиймати $R_x = \frac{S_1}{S_2} \times R$
10+2%	3.00	77.1	22.9	10.1
	5.00	67.0	33.0	10.2
	10.0	50.0	50.0	10.0
	15.0	40.0	60.0	10.0
	20.0	34.0	66.0	10.3
	30.0	26.0	74.0	10.5

2-жадвал. Ўлчаш қаршилиги 100 Ом

R_x, Q	R, Q	S_1	S_2	Ўлчанган номаълум қаршилик қиймати $R_x = \frac{S_1}{S_2} \times R$
100+2%	30.0	77.3	22.7	103
	50.0	67.0	33.0	102
	100	51.0	49.0	104
	150	41.0	59.0	104
	300	26.0	74.0	105

3-жадвал. Ўлчаш қаршилиги 100 Ом

R_x, Q	R, Q	S_1	S_2	Ўлчанган номаълум қаршилик қиймати $R_x = \frac{S_1}{S_2} \times R$
1000+2%	300	77.0	23.0	1004
	500	66.7	33.3	1002
	1000	50.0	50.0	1000

	2000	33.2	66.8	994
	3000	24.8	75.2	989

3-тажриба. Уистон кўприги ёрдамида ўтказгичнинг қаршилигини аниқлаш

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 микдорий томондан ток кучи, деб аталадиган катталиқ билан характерланади.

Вақт бирлиги ичида ўтказгичнинг кўндаланг кесим юзасидан ўтган заряд микдориға 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 тусқинлик берадиган тўсиқлар йиғиндиси ўтказгичнинг қаршилиги R дейилади.

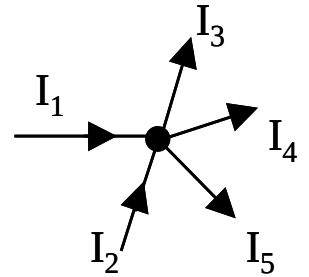
Баъзи амалий масалаларни ечишда бирмунча мураккаб, тармоқланган занжирлардаги ток кучи, кучланиш ва ҳоказоларни аниқлашга тўғри келади. Ом қонуни формулалари асосида бу масалаларни ҳал қилишнинг имкони

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 (3-расм). Тугунга келаётган тоқлар мусбат ишора билан тугундан кетаётган тоқлар эса манфий ишора билан белгиланади. Кирхгофнинг биринчи қондаси шундай таърифланади.

«Тугунга келаётган ва ундан кетаётган тоқларнинг алгебрик йиғиндиси нолга тенг». 3-расмда тасвирланган тоқлар учун Кирхгофнинг биринчи қондаси ифодаси қуйидаги кўринишда ёзилади: $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$ ёки

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



3-расм

Кирхгофнинг биринчи қондаси заряднинг сақланиш қонунининг натижасидир. Кирхгофнинг иккинчи қондаси тармоқланган занжир учун Ом қонунининг умумлаштиришдан келиб чиқади. 4-расмда тасвирланган занжирни кўрайлик. Ихтиёрий тарзда бирор йўналишни, мисол учун соат стрелкаси йўналишини мусбат ишорали деб танлаб олайлик.

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

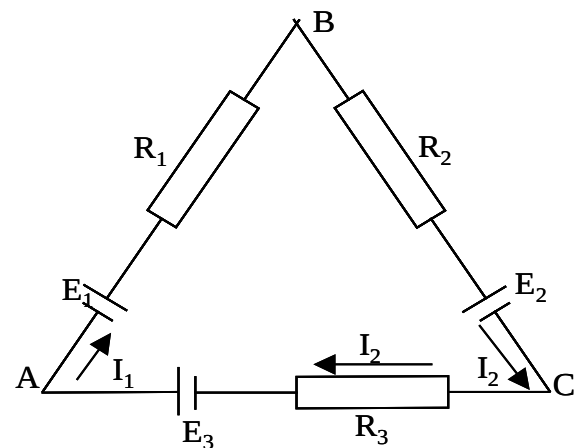
Контурнинг ҳар бир қисми учун бир жинсли бўлмаган Ом қонунини қўллаймиз.

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

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

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

Бу тенгламаларни ҳадма-ҳад қўшиб қуйидагидек фодани оламиз:



4-расм

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

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

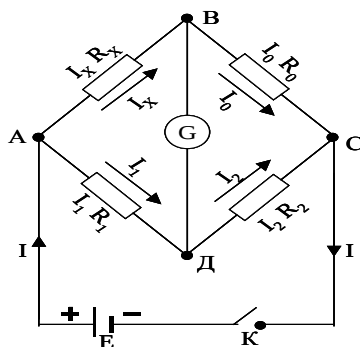
Бундан Кирхгофнинг иккинчи қондасига шундай таъриф бериш мумкин: *Тармоқланган электр занжиридаги ҳар қандай беркконтурда контурнинг тегишли қисмларидаги ток кучининг шуқисм қаршиликлариға кўпайтмаларининг йиғиндиси контурдаги барча ЭЮКларнинг алгебрик йиғиндисига тенгдир.*

Кирхгоф қондаларини қўллашда қуйидаги шартларға 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.

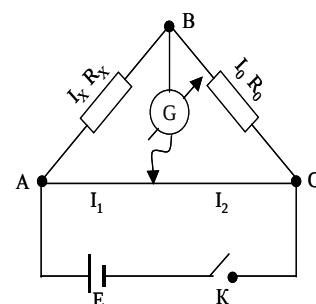
Ўтказгичлар қаршилигини ўлчашнинг турли усуллари мавжуддир. Бу усуллардан энг қулайи амперметрда ўлчанган ток кучи ва вольтметрда аниқланган кучланиш қийматларини билган ҳолда, занжирнинг бир қисми учун Ом қонунидан фойдаланиб ўтказгич қаршилигини аниқлашдир. Лекин бу усул ёрдамида қаршилиқни аниқлашда кўпроқ хатоликка йўл қўйилади. Чунки ўлчов асбоблари амперметр ва вольтметрларнинг ички қаршиликларининг 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 (5-расм) Бу ерда R_0 - қаршилиқлар магазини.



5-расм



6-расм

Бу схеманинг (5-расм) бир диоганалига ток манбаи, иккинчи диоганалига эса сезгир гальванометр уланади. Гальванометр уланган худди шу диоганал кўприк вазифасини бажаради. Бу схема ёрдамида бажарилувчи

барча ўлчашлар гальванометрда ток кучи қийматининг нолга тенг бўлишига асосланган.

5-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 (6-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 ℓ_1 ва ℓ_2 сим узунликлари бажаради.

Калит ёрдамида кўприкнинг иккинчи диагонаliga ток манбаи уланса 6-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 ошириш 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. 5-расмда кўрсатилган схема учун Кирхгоф қоидаларини қўлаймиз. Кирхгофнинг биринчи қоидаси

А нуқта учун $I - I_1 - I_x = 0$

В нуқта учун $I_x - I_0 - I_g = 0$ (6)

Д нуқта учун $I_g + I_1 - I_2 = 0$

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

АВДА: $I_x R_x + I_g R_g - I_1 R_1 = 0$ (7)

ВСДВ: $I_0 R_0 + I_2 R_2 - I_g R_g = 0$ (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 ℓ_1 ва ℓ_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. Қўзғалувчан 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. ℓ_1 ва ℓ_2 нинг қийматлари жадвалга ёзилади.

3. Сўнгра реохорднинг ℓ_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, ℓ_1 , ℓ_2 , R_0 ларнинг қийматлари жадвалга ёзилади.

Жадвал

Қаршиликлар	N	R_0 (Ом)	ℓ_1 (М)	ℓ_2 (М)	R_x (Ом)	$\langle R_x \rangle$	ΔR_x	$\langle \Delta R_x \rangle$	$\frac{\langle \Delta R_x \rangle}{\langle R_x \rangle} \cdot 100\%$
R'_x	1								
	2								
	3								
R''_x	1								
	2								
	3								
R'_x ва R''_x лар параллел уланган	1								
	2								
	3								
R'_x ва R''_x Лар кетма-кет 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 қаршилиқ $R_{\text{пар}}$ нинг ҳамда кетма-кет улангандаги умумий қаршилиқ $R_{\text{к-к}}$ нинг ўртача қийматлари аниқланади.

6. Ўтказгичларни параллел ва кетма-кет улаб топилган тажриба натижаларини назарий йўл билан чиқарилган формулалар: кетма-кет улаш учун $R_{\text{к-к}} = R_x' + R_x''$, 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 катталиқ 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 шарти 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.

9 – ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

ҒАЛТАКНИНГ ИНДУКТИВЛИГИНИ, ТЎЛА КУЧЛАНИШ ВА ТОК ОРАСИДАГИ ФАЗА СИЛЖИШИНИ ҲАМДА МУҲИТНИНГ МАГНИТ СИНГДИРУВЧАНЛИГИНИ АНИҚЛАШ

Ишдан мақсад: индуктив қаршилиқ 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:

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

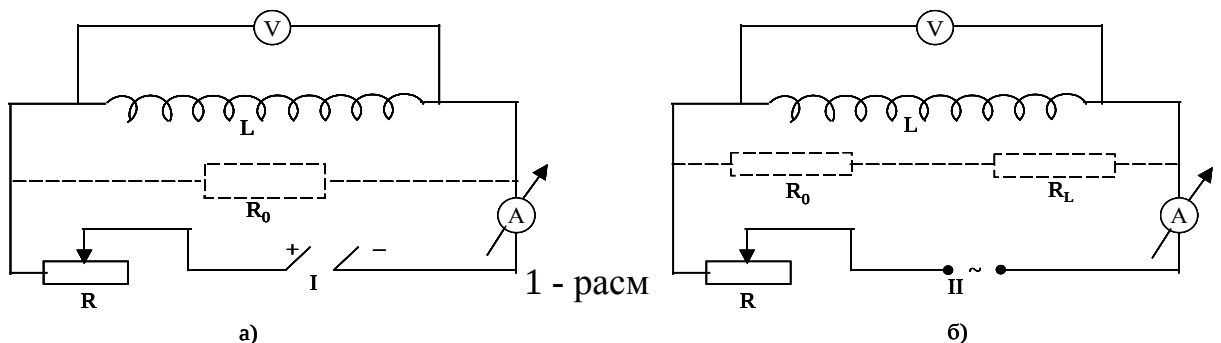
(3) ифодани эътиборга олиб (1) ни $\varepsilon_{yz} = -L \frac{dI}{dt} \quad (4)$

кўринишда ёзиш мумкин, бу ерда ε_{yz} - ўзиндукция ЭЮК, L - ғалтакнинг индуктивлиги ёки ўзиндукция коэффициентлари деб аталади. Индуктивлик ўтказгичнинг ўлчамига, шаклига ва муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги μ 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, $\frac{dI}{dt} = 1 \frac{A}{c}$ 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 қанча 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 μ 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, Π - переключател (икки қутбли калит), $I = << - >>$ ўзгармас ток манбаи.



Индуктив ғалтак ўзгармас ток манбаига уланса П-I ҳолатга қуйилади, 1а-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 чикмайди.

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, ν -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,

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

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

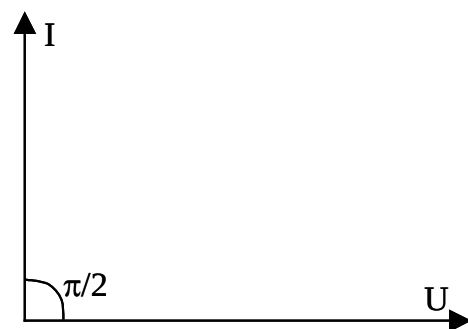
катталиқ ғалтакнинг актив қаршилигига мос келган кучланиш тушишидир.

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

эса, индуктив қаршиликка мос келган кучланиш тушишини ифодалайди. (13) формулага $I_0 \omega L = U_L$ белгилаш киритсак, у индуктив қаршиликдаги кучланишнинг амплитудавий ёки максимал қиймати бўлади. Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни эътиборга олинса, $\omega \cdot L$ кўпайтма ҳақиқатан ҳам қаршилик 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 қаршилик ўзгарувчан токнинг даврий частотасига пропорционал экан. Частота ортиши билан индуктив қаршилик ҳам ортиб боради. Агар $\omega = 0$ бўлса, яъни ток ўзгармас бўлса $R_L = 0$ бўлади. Бу ҳолда ғалтакда фақат актив қаршилик 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 кетиши келиб чиқади (2-расм). Иккинчи томондан, (12) ва (13) ифодалардан кўринадик, индуктив қаршиликдаги кучланиш тебраниши



2-расм

актив қаршиликдаги 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 қаршиликдаги кучланиш қийматини вертикал ўққа, индуктив қаршиликдаги кучланиш қийматини горизонтал ўққа жойлаштирамиз (3-расм). Тўла кучланиш эса икки векторга қурилган параллелограммнинг диагоналига ёки икки векторнинг геометрик йиғиндисига тенг бўлади.

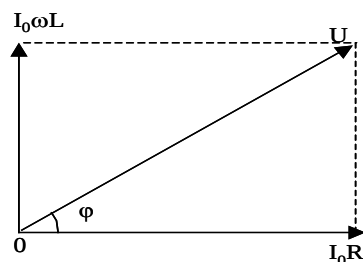
Пифагор теоремасига асосан тўла кучланиш ифодасини

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

кўринишда ёзиш мумкин. Бундан ток кучининг максимал қиймати,

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \quad (16) \text{ га тенг бўлади.}$$

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,



3-расм

шу вақт ичида шу ўтказгичдан шунча иссиқлик ажратиб чиқарадиган ўзгармас ток қийматига узгарувчан токнинг эффектив қиймати ёки иш берадиган қиймати дейилади.

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

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 φ га тенг эканлиги келиб чиқади. φ 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				μ	$\operatorname{tg} \varphi$	φ	$R_0 = \text{const}$
	$I_{\text{эф}}$	$U_{\text{эф}}$	z	$L_{\text{ўзаксиз}}$	$I_{\text{эф}}$	$U_{\text{эф}}$	z	$L_{\text{ўзакли}}$				
1												
2												
3												
4												
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 фойланаиб 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 (Гн) топилади.

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

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

4. Актив ва индуктив қаршилиги бўлган ўзгарувчан ток занжир учун Ом қонунини ёзинг.

5. Индуктив қаршиликдаги 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.

ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ №10

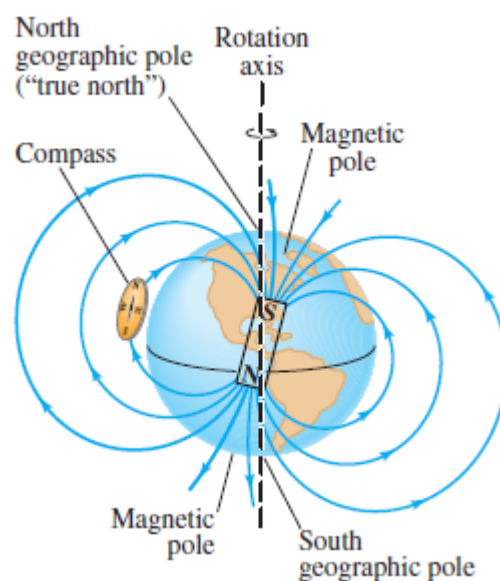
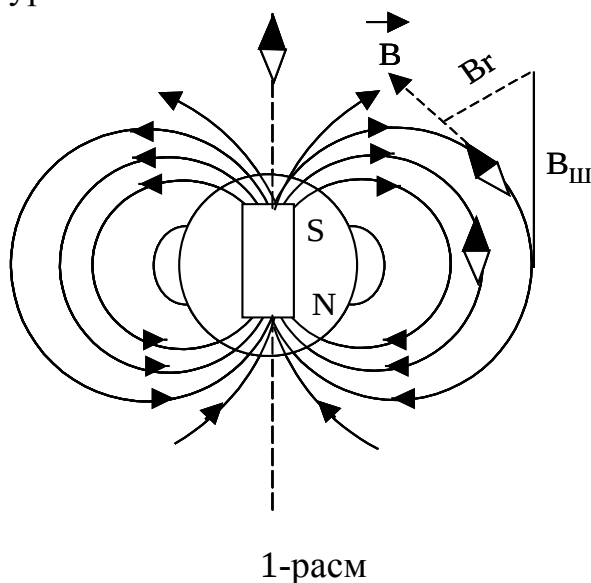
ЕРНИНГ МАГНИТ МАЙДОН ИНДУКЦИЯСИНИНГ ГОРИЗОНТАЛ ТАШКИЛ ЭТУВЧИСИНИ ТАНГЕНС-БУССОЛ ЁРДАМИДА АНИҚЛАШ.

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 кутблари Ернинг географик кутбларига яқин жойлашган. Лекин Ернинг магнит майдонинг жанубий кутби (S) шимолий географик кутбга яқин, шимолий кутби (N) унинг жанубий географик кутбига 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 кутбларида 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, $\vec{B}_h$ – унинг горизонтал ташкил этувчиси. Ернинг магнит майдон индукцияси вектори $\vec{B}$, нинг горизонтал текисликка проекцияси Ернинг магнит майдони индукция векторининг

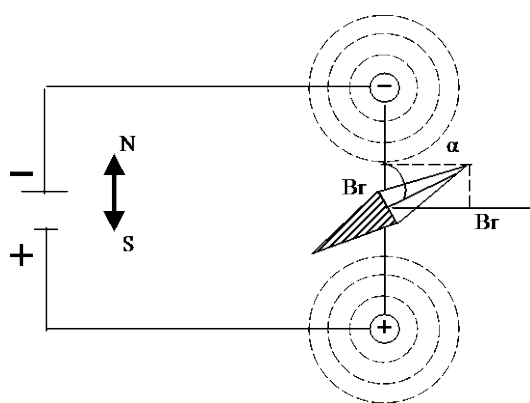
горизонтал ташкил этувчиси $\vec{B}_r$ дейилади. Ер магнит майдон индукцияси йўналиши билан горизонтал ташкил этувчиси орасидаги бурчак (β) магнит энкайиши дейилади.

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 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 ходисага магнит бўрони дейилади. Магнит бўронининг вужудга келиши Қуёш активлигининг ўзгариши билан боғлиқ бўлиб, Ер шароитидаги ҳаётга салбий таъсир этиши мумкин.

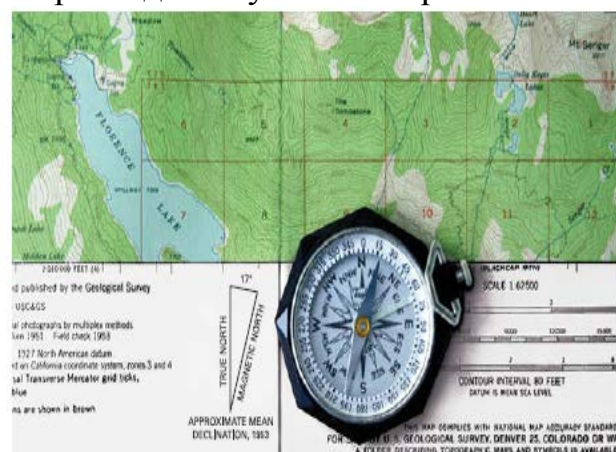
Ернинг магнит майдонини тадқиқ қилувчи жуда кўп асбоблар мавжуд. Шундай асбоблардан бири ва энг оддийси компасдир. Компас вертикал ўқ атрофида айлана оладиган магнит стрелка бўлиб ўқ атрофида айланиши магнит майдон индукциясининг горизонтал ташкил этувчиси ($\vec{B}_r$) нинг таъсирига асосланган. Бу 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 p-та ўрамли ва марказида компас жойлашган ясси вертикал ғалтакдан иборат қурилмадир. (R ва p 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



2-расм



чизма текислигининг орқа томонидаги нукта 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 дейлади. Тангенс-буссол ўрамларидан ўзгармас электр токи ўтаётган бўлса, магнит стрелка дастлабки ҳолатидан бирор α бурчакка оғади. Бунга сабаб магнит 2-расм стрелкасига Ернинг магнит майдони 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 тангенс 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.

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

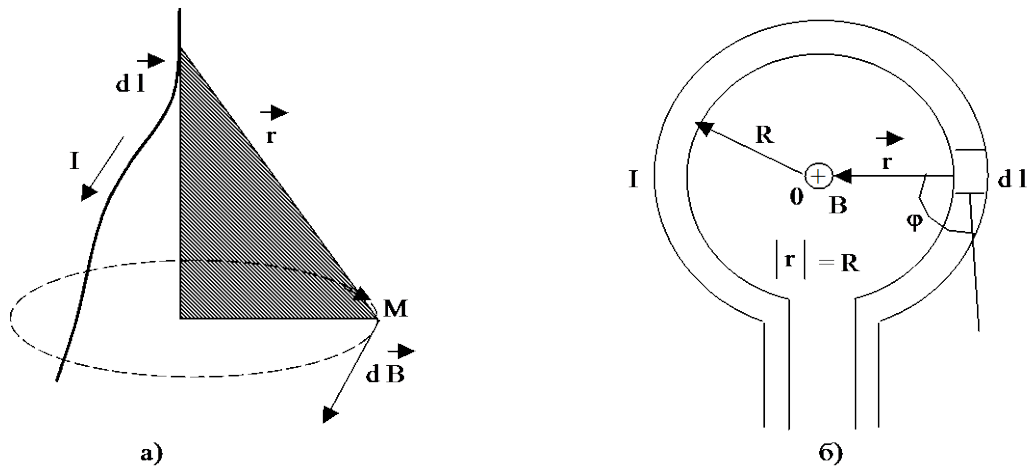
бу ердаги $\vec{B}_0$ катталиқ Био-Савар-Лаплас қонунидан фойдаланиб аниқланади. Бунинг учун ихтиёрий шаклдаги ℓ узунликдаги токли ўтказгични кўриб чиқайлик (3 а-расм). Ўтказгичдан $\vec{r}$ масофада жойлашган М нуқтадаги магнит майдон индукциясини аниқлаш учун шу ўтказгични $d\ell$ бўлақларга бўламиз. $Id\ell$ катталиқ 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.

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

бу ерда φ - $\vec{r}$ ва $d\vec{\ell}$ орасидаги бурчак, μ_0 -магнит доимийси $\left(\mu_0 = 12,56 \cdot 10^{-12} \frac{\Gamma_n}{\text{м}} \right)$. М нуқтада ℓ узунликдаги токли ўтказгич ҳосил қилган натижавий магнит майдон индукциясини аниқлаш учун (3) ифодани бутун ℓ узунлик бўйича интеграллаш лозим бўлади.

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

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



3-расм

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.

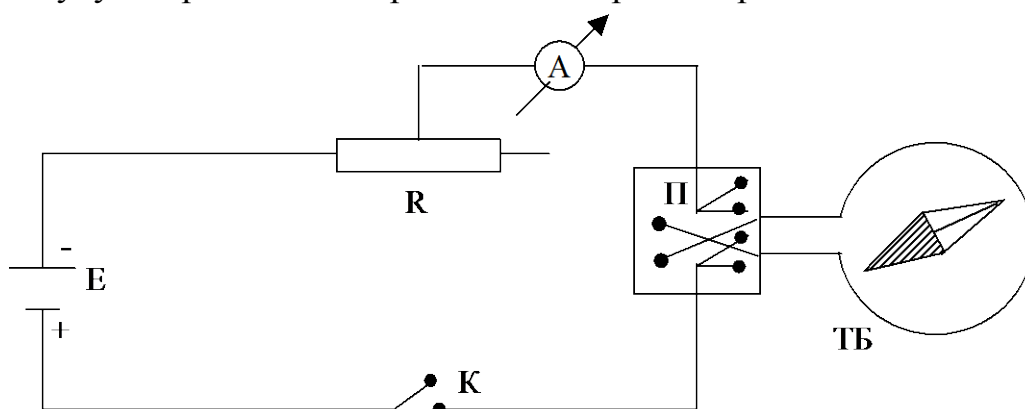
$$B_r = \frac{n\mu_0 I}{2R \tan \alpha} \quad (8)$$

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 П-кайта улагич (переключатель), А-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 0^0 ни, иккинчи учи эса 180^0 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 α_1 ва α_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. Сўнггра

B_r нинг ўртача қиймати ва бу қийматдаги абсолют ҳамда нисбий хатоликлар аниқланади.

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

1- жадавал

№	I (A)	Стрелканинг оғиши					$tg\alpha$	B_r	ΔB_r	$\frac{\Delta B_r}{B_r}$	C	ΔC
		α_1	α_2	α_3	α_4	$\alpha_{ур}$						
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.

2-ТОПШИРИҚ. ЕР МАГНИТ МАЙДОНИНИ АЙЛАНУВЧИ ИНДУКЦИОН ҒАЛТАК ЁРДАМИДА ЎЛЧАШ

Тажрибанинг мақсадлари:

- Ер магнит майдонининг компоненталарини аниқлаш.
- Ер магнит майдонининг оғиш бурчагини аниқлаш.
- Ер магнит майдони хусусиятини ўрганиш.

Керакли жихозлар:

Жуфт Гелимголис ғалтаги, Сенсор CASSY, микровольтметр, улаш кабели бир жуфт, кампютер.

Асосий маълумотлар

Ўрамлар сони N -та юзаси $S=\pi R^2$ бўлган айланани индукцион ғалтак айланиш ўқининг диаметридан ўтувчи ўқ атрофида ўзгармас ω бурчак тезлик билан бир жинсли B магнит майдонида айланса уни кесиб ўтувчи магнит оқими

$$\Phi=\pi R^2NB\cos(\omega t) \quad (1)$$

Бу ерда ω -бурчак тезлик, R -индукцион ғалтакнинг радиуси, N -индукцион ғалтакнинг ўрамлар сони. (1) тенгламада айланиш ўқи B магнит майдонида перпендуляр йўналган. B магнит майдонини индукцияланган кучланиш U нинг амплитуда қийматидан аниқлаш мумкин

$$U = -\frac{d\Phi}{dt} = \pi R^2 N \beta \omega \sin(\omega t) \quad (2)$$

$T = 2\pi/\omega$ айланиш давридан фойдаланиб, индукцияланган кучланишнинг максимал қиймати учун қуйидагини ҳосил қиламиз

$$U = \frac{2\pi^2 N R^2}{T} = aR \quad (3)$$

$$a = \frac{2\pi^2 N R^2}{T} \quad (4)$$

Индукцион ғалтакнинг z -йўналиши атрофида айланиш учун Декарт кордината системасида (1-расм) кучланиш амплитудаси

$$U_z = a \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \quad (5)$$

Индукцион кучланиш ернинг қуйидаги магнит майдонида индукцияланади

$$B = \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix}$$

(6)

Симметрия туфайли x -ёки y -йўналишлар учун қуйидагилар ўринли бўлади

$$U_x = a \sqrt{B_y^2 + B_z^2} \quad (7)$$

$$U_y = a \sqrt{B_x^2 + B_z^2} \quad (8)$$

Ер магнит майдонининг компоненталари (5), (6) ва (8) тенгламалар системасини ечиш орқали ҳисобланиши мумкин

$$B_x = \frac{\sqrt{(-U_x^2 + U_y^2 + U_z^2)}}{2a^2} \quad (9)$$

$$B_y = \frac{\sqrt{(U_x^2 - U_y^2 + U_z^2)}}{2a^2} \quad (10)$$

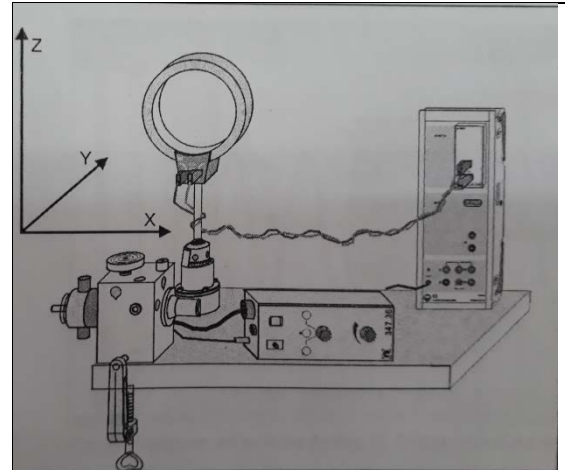
$$B_z = \frac{\sqrt{(U_x^2 + U_y^2 - U_z^2)}}{2a^2} \quad (11)$$

Хусусий холда Ер магнит майдонинг умумий қиймати

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} = \frac{\sqrt{(U_x^2 + U_y^2 + U_z^2)}}{2a^2} \quad (12)$$

Ер магнит майдонинг қийалик бурчаги θ қуйидаги тенгламадан топиш мумкин

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{B_x}{\sqrt{B_y^2 + B_z^2}} = \frac{\sqrt{(U_x^2 + U_y^2 + U_z^2)}}{2U_z^2} \quad (13)$$



1-расм. Тажриба ўтказиш қурилма схемаси

Бу формула математик жихатдан тўғри, аммо ўлчаш ноаниқлиги туфайли квадрат илдизининг аргумент экваторга яқин жойлардаги тажрибалар учун манфий бўлиши мумкин. Масаланинг ечими учун қўлланманинг охирига қаранг. Бу тажрибада индукцион ғалтакнинг айланиш ўқи тўғри бурчакли координаталар системасининг x , y ва z -ўйналишлари бўйича ўрнатилади. Ҳар бир ҳолда индукцияланган кучланиш амплитудаси вақтнинг функцияси сифатида CASSY билан ўлчанади. Ўлчанган сигналлардан амплитуда ва частота ернинг магнит майдон кучланганлиги ва оғиш бурчаги аниқлаш учун фойдаланилади.

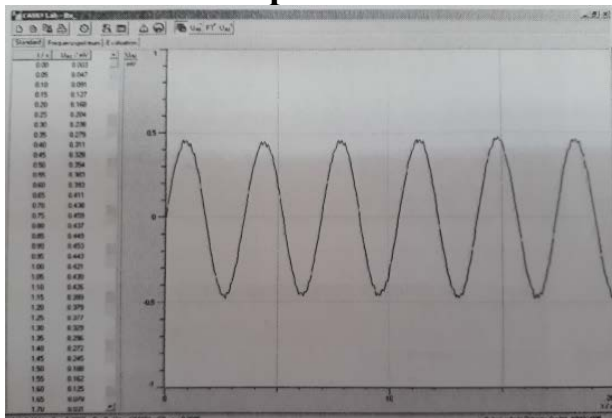
Тажриба қурилмаси:

- Тажриба моторини стол устининг бурчагига 1-расмдагидек қўйинки унинг x , y , z -ўйналишларида буралиши мумкин бўлсин.
- микровольтметрни ва индукцион ғалтакни бир-бирига улаш учун 2 м узунликдаги айланма улаш кабелидан фойдаланинг.

Тажрибани моторсиз бажариш

- CASSY мисоллар файлидан "Earth magnetic field" ни ишга туширинг. Эслатма: бу файл CASSY мисоллар файлида сақланмаган. У компьютер "Hard disk" идан функционал кнопка F3 ни босиш билан ишга туширилиши лозим.
- мисоллар файлидаги белгиланган кнопка F4 ни босиш билан тозаланг.
- тажриба моторинингтезлигини 0 га ўрнатинг.
- индукцион кучланишни вақтнинг функцияси сифатида ўлчашни F9 функционал кнопкани босиш ёрдамида бошланг.
- индукцион ғалтакни z -ўқи атрофида қўл билан айлантиринг.
- Эслатма: Ўлчаш 20 секунддан кейин автоматик равишда тўхтайдиган, Ўлчаш параметрининг деталлари учун кнопкани босинг ва "measuring parametr" менюсидан уларни кўринг.
- ўлчашларни y ва x -ўқлари атрофида айлантиришлар учун такрорланг.

Ўлчаш мисоллари



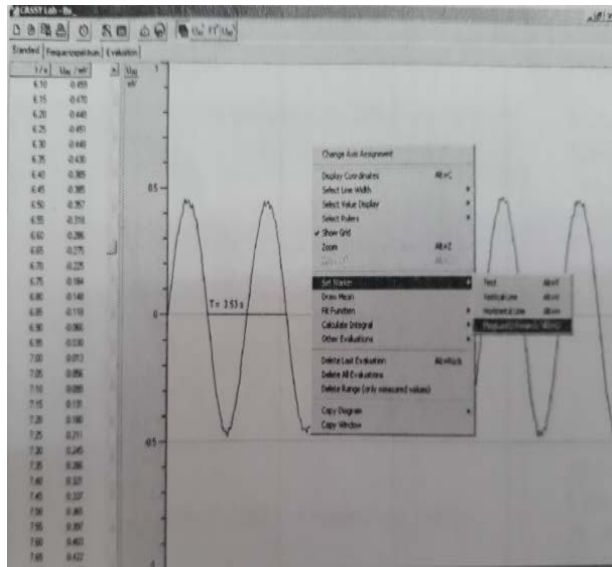
Мисол сифатида, x -ўқи айланишлар учун кучланиш графигига 2-расмда келтирилган. x ва z -ўқлар атрофида айланишлар учун тажриба натижалари 5-расм ва 6-расмларда кўрсатилган.

U_x индукцияланган кучланиш вақтнинг функцияси сифатида (z -ўйналиш=айланиш ўқи)

2-расм.

Ҳисоблаш ва натижалар

Ер магнит майдонининг компоненталарини аниқлаш учун амплитуда ва частота аниқлаш лозим. Частотани аниқлашнинг бир неча йўллари мавжуд.



3-расм.

1-усул

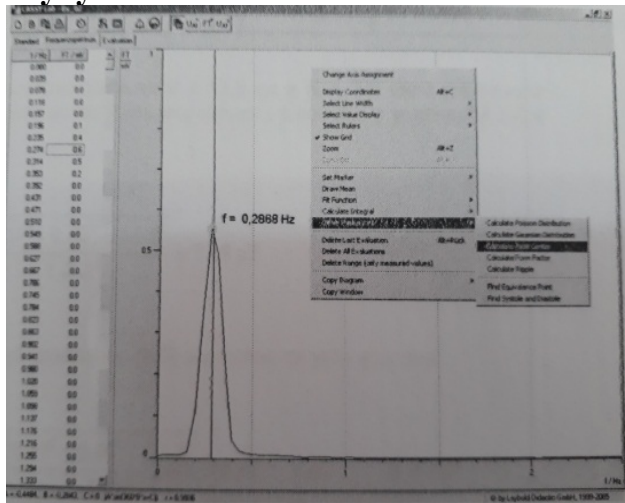
-Дисплей устида сичқончанинг ўнг кнопкасини босинг ва “Set Marker/Measure Difference” ни танланг. (3-расм)

-e.g. ни нол кучланиш ҳолати устига босинг ва буни T даврдан кейинги ҳолат устида босинг.

-Alt T сизга асосий чизиқнинг натижасида дисплейда кўришга имкон беради (3-расм).

Частотани аниқлаш (1-усул). (4) ва (5) расмларни таққосланг

2-усул



4-расм. Частотани аниқлаш. 3-расм ва 5-расмни таққосланг.

Ер магнит майдонининг компоненталарини аниқлаш учун амплитудани аниқлаш лозим. Индукцияланган кучланиш амплитудасини аниқлаш икки усули мавжуд.

1-усул

-Дисплей устида сичқончанинг ўнг кнопкасини босинг ва “Set Marker/Measure Difference” ни танланг.(3-расм)

-сичқончани нол кучланиш ҳолати устига босинг ва буни максимум кучланиш устида такрорланг.

-Alt T сизга асосий чизиқнинг натижасини дисплейда кўришга имкон беради.

2-усул

Бу метод частотани ва амплитудани аниқлаш учун “Fitting tool” дан фойдаланилади.

-сичқончанинг ўнг кнопкасини дисплей устида босиб “Fitting tool” ни дисплейга чиқаринг ва “Fit function”/”Free Fit” ни танланг ёки Alt F ни босинг.

-Даслаб мос келувчи функцияни танланг-бу ерда $f(x, A, B, C, D) = A \cdot \sin(360 \cdot B \cdot x + C)$

-Мос келувчи параметр учун керакли баҳолаш қийматларини киритинг (бошланғич қийматлар) (6-расм)

$A = U_0 = 1$ V (амплитуда, диаграмманинг у-ўқидан ёзиб олинг) $B = 0.3$ Гц (Частота 2 Герцлар атрофида)

$C = 0$ (фаза силжишини, ўлчаш шароитида 0 га тенг)

$D = 0$ (қўшимча параметр, фойдаланилмайди)

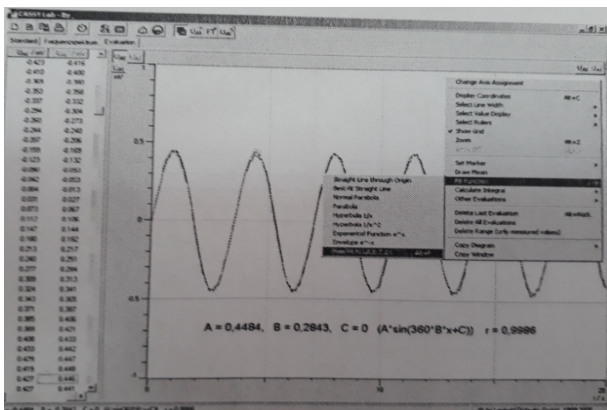
-“Display result automatically as a new channel” ни танланг.

-“Continue with Range Marking” кнопкаси билан давом эттиринг.

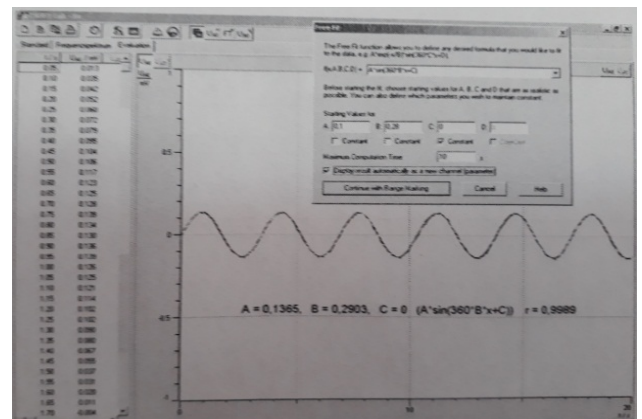
-Alt T сизга натижани дисплейда кўришга имкон беради.

Эслатма

Мос келувчи алгоритм яхши баҳолаш қийматини талаб қилади. Бу танланган модел учун, яъни 14-тенглама учун, частотанинг бошланғич қийматини тажрибавий қийматларга яқин қилиб танлаш лозим.



5-расм.



6-расм

5-расм ва 6-расм ларда кучланишнинг ўлчанган қийматлари кўрсатилган. Ўлчаш хатоликлари чегарасида қийматлар синусоидал кўринишга эга. – CASSY Lab нинг бошқа ҳисоблаш натижалари учун қўшимча маълумотларга қаранг.

6-расм. Индукцияланган кучланиш U_z (қора чизик) вақтнинг функцияси сифатида. (z-йўналиш = айланиш ўқи). Қизил чизик кучланиш графигининг пастидаги параметрларга мос келади. Эслатма: Чақириш куролини Alt –F” ни босиш билан дисплейга чиқариш мумкин.

Айланишнинг учта хар хил ўқлари учун натижалар қуйидаги жадвалда келтирилган.

1-жадвал. 14-тенгламанинг тажрибавий натижалари учун қўллаш билан олинган индукцион кучланиш компоненталари. Давр ўқлар айланишнинг ўртача қийматига тўғри келади.

U_x mV	U_y mV	U_z mV	T s
0.47	0.45	0.13	3.51

Индуктив ғалтакнинг $d=13.5$ см ва $N=320$ параметрлари билан ер магнит майдони кучланганлиги (4) ва (12) тенгламалардан фойдаланиб аниқлаш мумкин

$$a = \frac{2\pi^2 NR^2}{T} = 8.2 \quad (4)$$

$$B = \frac{\sqrt{(0.47^2 + 0.45^2 + 0.13^2)}}{2 \cdot 8.2^2} = 73.9 \mu T$$

(13) тенгламадан фойдаланиб оғиш бурчаги аниқланади

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{B_z}{\sqrt{B_x^2 + B_y^2}} = \frac{\sqrt{(0.47^2 + 0.45^2 + 0.13^2)}}{2 \cdot 0.13^2} = 3.48 \text{ бундан } \theta = 73^\circ$$

Олинган бу натижа контурдан (54102) фойдаланиб осон текшириш мумкин. Оғиш контуридан фойдаланиб топилган қиймат $\theta = 73^\circ$

Қўшимча маълумотлар. Тажрибадаги асосий хатолик ўтказгич халқа яқинида жойлашган магнитланган рўлат жисмлар сабабли магнит майдонининг бузилишидан ҳосил бўлади. Юқори ўлчаш аниқлигига эришиш учун ғалтакнинг параметрлари имкон борида катта қилиб танлаб олиш зарур. Ер магнит майдонинг оғиши бўлмаганда (магнит экваторда) ер магнит майдонинг қиймати $31.2 \mu T$ га тенг ва магнит кутубларида 2 марта каттароқ бўлади. Экваторга яқин жойда тажрибани бажаришда муаммо туғилади. Экваторда магнит майдонинг қиялик бурчаги 0 га яқин ва худди шу ҳолда B_z ҳам нолга яқин бўлади. (11) ва (13) тенгламалар катта сонларни айиради ва назарияда кичик мусбат сонларни ҳосил қилади. Бу кичик фарқ кичик ўлчаш хатоликлари туфайли ҳам (пўлат бўлаги) манфий бўлиб қолиши мумкин ва (11) ва (13) тенгламалардаги квадрат илдиз ечимга эга бўлмайди.

Экваторга яқин жойларда оғиш бурчаги учун натижалар олиш учун B_z тўғридан тўғри ўлчаниши керак. (7) тенгламадан фойдаланиб биз горизонтал айланиш ўқи бўйича тажриба ўтказамиз ва $B_z = 0$ га айланиш ўқини шимол жанубга қараб эришамиз. Кейин B_z нинг қиймати (7) тенгламадан ҳисобланади ва (13) тенгламанинг ўрта қисмига қўйилади. Бу тажрибада биз B_z нинг қиймати унинг ишорасиз ўлчаймиз, чунки экваторнинг жанубида (11)

ва (13) тенгламалар квадрат функциянинг манфий натижаларидан фойдаланиш лозим.

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 ўраи текислигини магнит меридиани йўналишида ўрнатишнинг қандай зарурияти бор.
4. Био-Савар-Лаплас қонунини тушунтиринг ва унинг умумий формуласини ёзинг.

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

11–ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

МИКРОСКОП ЁРДАМИДА ШИША ПЛАСТИНКанинг СИНДИРИШ КЎРСАТГИЧИНИ АНИҚЛАШ

Ишни бажаришдан мақсад: абсолют ва нисбий синдириш кўрсаткичининг физик маъноси, линзада тасвир яшашни ўрганиш ва микроскопда шиша пластинанинг синдириш кўрсаткичини аниқлаш.

Керакли асбоб буюмлар; Ўлчов микроскопи, микрометр, карама–қарши кирралари тирналган шиша пластинкалар тўплами.

НАЗАРИЙ ҚИСМ

XVII аср охирида ёруғликнинг И.Ньютон томонидан кашф этилган корпускуляр назарияси хукмрон эди. Бу назарияга кўра ёруғлик зарралардан иборат бўлиб, тўғри чизиқли тарқалиши ва механика қонунларига бўйсиниши керак. Фуко ёруғлик зарраларининг тезлиги оптик зичлиги катта бўлган муҳитларда ҳаводагига нисбаттан кичик эканлигини кўрсатди. Ньютоннинг корпускуляр назарияси нотўғри эканлиги тажрибада исботланди (1850 йилда).

Шу даврда Гюйгенснинг тўлқин назариясига асосан ёруғликнинг тезлиги турли муҳитларда турлича бўлиб, вакуумда энг катта қийматга эга эканлиги аниқланди. Муҳитнинг оптик хусусиятларни ифодалаш учун муҳитнинг абсолют синдириш кўрсаткичи тушунчаси киритилди.

Ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги муҳитдаги тезлигидан неча марта катта эканлигини ифодаловчи қиймат муҳитнинг абсолют синдириш кўрсаткичи дейилади:

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

бу ерда $c = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$ - ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги, v - ёруғликнинг муҳитдаги тезлиги. (1) ифодадан кўринишича, абсолют синдириш кўрсаткичи сон жиҳатдан $n \geq 1$ бўлиб, вакуум учун $n = 1$ қийматга эгадир. Шиша учун $n = 1,5$, сув учун $n = 1,3$.

Абсолют синдириш кўрсаткичи каттароқ бўлган муҳитлар оптик зичлиги катта деган ном олган. Абсолют синдириш кўрсаткичини ёруғликнинг вакуум – муҳит чегарасида синиш қонунидан аниқлаш мумкин:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \quad (2)$$

i -тушиш, r -синиш бурчаклари.

Икки муҳитнинг оптик хусусиятларини таққослаш учун нисбий синдириш кўрсаткичи тушунчаси киритилади.

Ёруғликнинг биринчи муҳитдаги тезлигининг иккинчи муҳитдаги тезлигига нисбатига тенг бўлган катталиқ иккинчи муҳитнинг биринчи муҳитга нисбаттан нисбий синдириш кўрсаткичи дейилади:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (3)$$

ифодадан кўринишича ёруғлик оптик зичлиги катта муҳитга ўтганда $n_{21} > 1$, тескари ҳолда $n_{21} < 1$ қийматга эга бўлади. Максвелл 1865 йилда ўзининг электромагнит тўлқин назарияси асосида ёруғлик электромагнит табиатга эга ва кўндаланг тўлқинлардан иборат деб ҳисоблади. Максвеллнинг электромагнит майдон тенгламаларидан, ёруғлик ва электромагнит тўлқинларнинг муҳитдаги тезлигини унинг электр ва магнит хусусиятлари билан боғловчи ифода аниқланди:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} \quad \text{ёки} \quad n = \sqrt{\epsilon\mu}$$

Бунда ϵ ва μ - муҳитнинг диэлектрик ва магнит синдирувчанлиги, лекин бу ифода ҳамма жисмлар учун ўринли эмас.

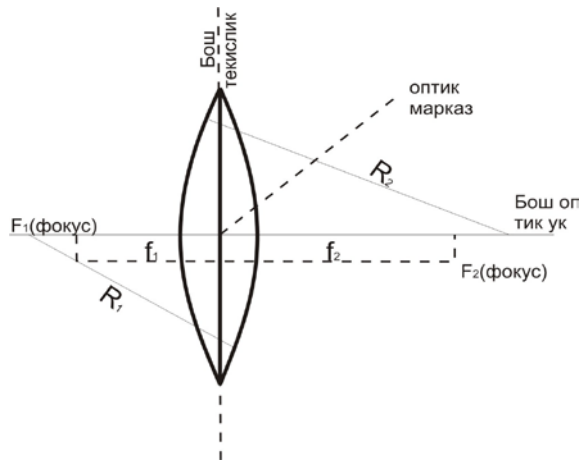
Ёруғликнинг синиш қонунига асосан икки муҳит чегарасида оптик зичлиги катта муҳитдан оптик зичлиги кичик муҳитга тушганда синиш бурчаги r нинг қиймати тушиш бурчаги i нинг қийматидан катта бўлади, яъни $r > i$.

Тушиш бурчаги i нинг қийматини ортириб борсак, унинг қандайдир $i_{\text{чег}}$ қийматида синиш бурчаги қиймати $r = 90^\circ$ га тенг бўлади. Бу вақтда иккинчи муҳитда ёруғлик тарқалмайди. Бу ходиса тўла ички қайтиш номини олган. Демак, тўла ички қайтиш рўй бериши учун икки шарт бажарилиши керак:

1. Ёруғлик оптик зичлиги катта муҳитдан оптик зичлиги кичик муҳитга тушиши керак.

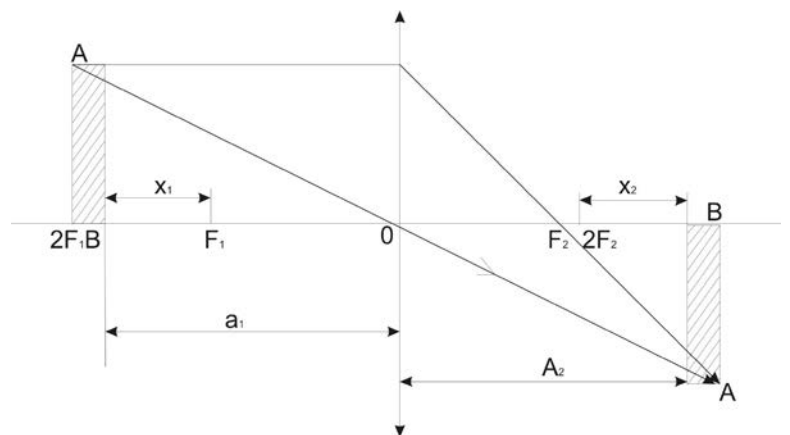
2. Тушиш бурчагининг қиймати чегаравий қийматдан катта бўлиши керак. Чегаравий тушиш бурчагининг қиймати $\text{Sini}_{\text{чег}} = n_{21}$ ифодадан аниқланади.

Бу ишда шаша пластинканинг синдириш кўрсаткичи микроскоп ёрдамида аниқланади ва шу сабабли микроскопнинг тузилиши билан танишайлик. Микроскоп ўз навбатида икки линзадан: қисқа фокусли объектив ва катта фокусли окулярдан иборат. Кўриниб турибдики, линза оптик асбобнинг муҳим қисми экан. Линза деб, эгри чизикли сиртлар билан чегараланган ва маълум синдириш кўрсаткичига эга бўлган шаффоф жисмга айтилади. Сиртлар эгрилиги мос равишда эгрилик радиуслари R_1 ва R_2 билан характерланади. Агар эгрилик радиуслари линза қалинлигидан бир неча баробар катта бўлса, бундай линзалар “юпқа линзалар” дейилади. Линзанинг оптик маркази орқали ўтувчи ва бош текисликка тик бўлган тўғри чизикқа



1-расм

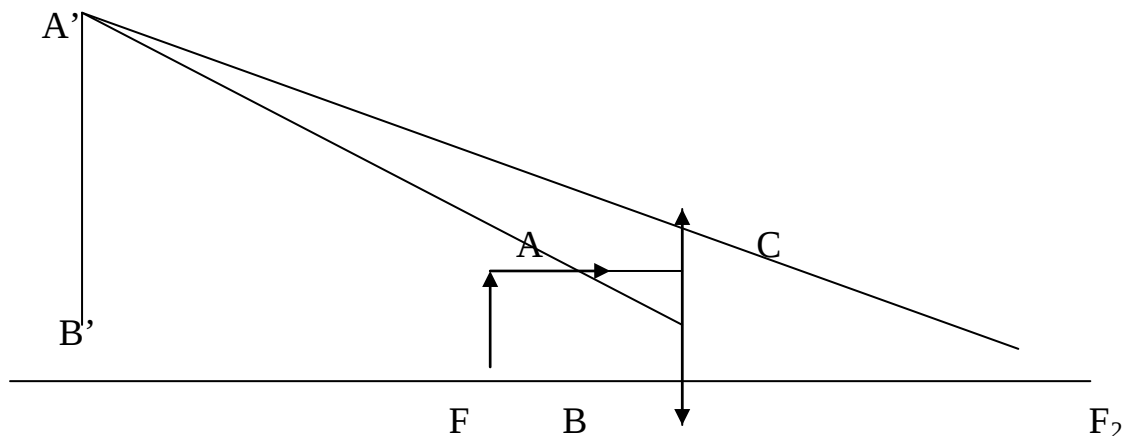
Буюмнинг А нуктасидан икки нур: оптик марказдан синмасдан ўтувчи иккиламчи AA' нурни ва бош оптик ўққа параллел, ҳамда синиб линзанинг F_2 дан ўтувчи AC нурни ўтказамиз, икки нурнинг кесишиш нуктаси A^1 нурланувчи буюм А нуктасининг ҳақиқий тасвири бўлади. A' нуктадан бош оптик ўққа перпендикуляр тушуриб, буюмнинг $A'B'$ тасвирини ҳосил қиламиз. Қуйидаги катталиқ линзанинг катталаштириши дейилади.



2-расм

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{a_2}{a_1} \quad (4)$$

Бу тенглик ABO ва $A'B'O'$ учбурчакнинг ўхшашлигидан келиб чиқади (2.3-расм).



3-расм

Бу ҳолда буюмнинг катталаштирилган ҳақиқий ва тескари тасвири олинади. Агар буюм линзага яқин (линза билан F_1 фокус орасида) жойлашса, у ҳолда ҳақиқий тасвир ҳосил бўлмайди, чунки АО ва CF_2 нурлар линзанинг ўнг томонидан учрашмайди (2.3-расм). Агар бу нурларни буюм томонга давом эттирсак, улар учрашади ва мавҳум, катталашган ва тўғри тасвири ҳосил бўлади. Юпқа линзанинг умумий формуласи

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (5)$$

кўринишда бўлиб, унинг линзанинг оптик марказидан фокусгача бўлган масофасини аниқлаш мумкин (2.2-расм):

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \quad \text{ва} \quad f^2 = x_1 \cdot x_2 \quad \text{бунда:}$$

a_1 - буюмдан линза бош текислигигача бўлган масофа;
 a_2 -линза бош текислигидан тасвиргача бўлган масофа;
 x_1 -буюмдан энг яқин фокусгача бўлган масофа;
 x_2 -тасвирдан энг яқин фокусгача бўлган масофа;
 n -линзанинг нисбий синдириш кўрсаткичи;
 R_1 ва R_2 - линза сиртининг эгрилик радиуслари;
 f - фокус масофа.

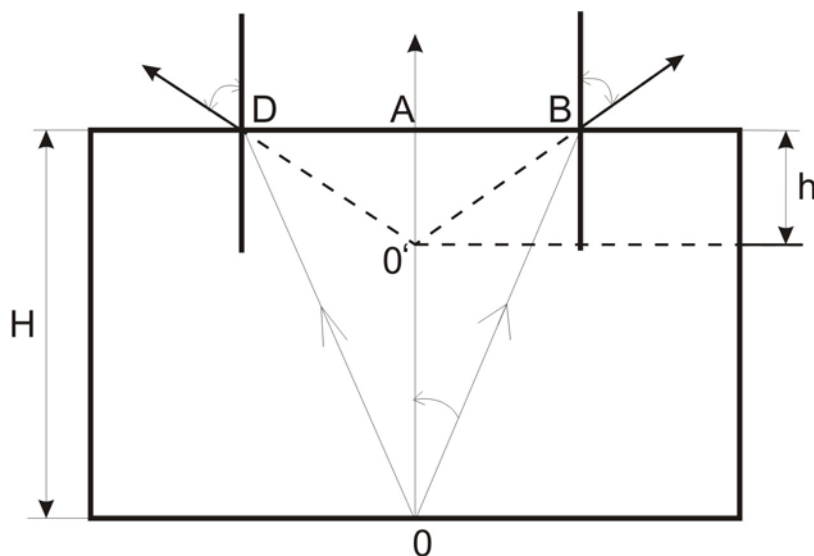
Линзанинг оптик кучи деб $D = \frac{1}{f} \quad (6)$

нисбатга айтилади ва диоптрияларда (m^{-1}) ўлчанади.

Агар оптик кучлари D_1 ва D_2 бўлган линзалардан иборат бўлса, унинг оптик кучи

$$D = D_1 + D_2$$

системанинг фокус масофаси эса



4-расм

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (7)$$

бўлади. Икки томонлама қаварик линза учун $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} > 0$ бўлиб, $D > 0$ ва икки томонлама ботик (сочувчи) линза учун $D < 0$. Бу натижа ушбу формуладан келиб чиқади:

$$D = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (8)$$

Ишни бажариш усули

Шиша пластинанинг синдириш кўрсаткичини аниқлашда, ёруғликнинг синиш қонунига асосан шиша пластинанинг ҳақиқий қалинлиги “кичрайиб” кўринади. Бунинг учун икки томони ўзаро перпендикуляр тирналган шиша пластинка оламиз. Шиша пластинанинг кичрайиб кўринган қалинлигини “мавҳум” қалинлик дейлик (4-расм).

Ясси параллел пластинанинг 0 нуқтаси тирналганлиги туфайли нурлар дастаси ҳар хил йўналишида кетаётган бўлсин. ОА ўқ нур шишадан ҳавога синмасдан ўтади, қолган ҳамма нурлар дастаси ўз йўналишини ўзгартиради.

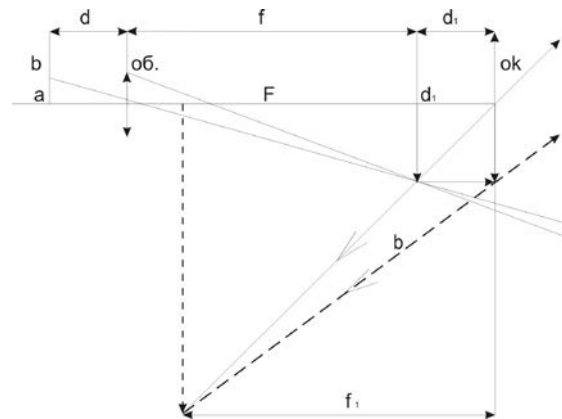
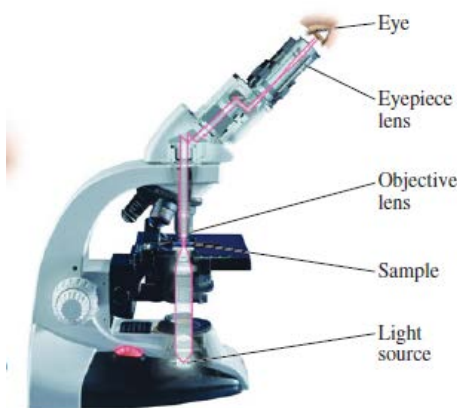
Агар кузатувчи А нуқтага қараса, унинг кўзи ОА нурлар дастасидан ташқари ОВС, ОДЕ, ҳакоза нурларни ҳам кўради. Бу нурлар О дан келаётгандек кўринади. О' эса О нуқтанинг мавҳум тасвиридир. Масофа ОА=Н ҳақиқий қалинлиги штангенциркуль ва АО'=h мавҳум қалинлик микроскоп ёрдамида аниқланади. ОВС ва ОДЕ нурлар аксинча, ҳаводан шишага ўтади деб ҳисобланса, ҳамда синиш қонунидан фойдаланиб, тушиш бурчаги i ва синиш бурчаги r десак, (2) га асосан синусларни тангенс билан алмаштирамиз (бурчаклар кичик бўлгани учун):

$$n = \frac{\operatorname{tgi}}{\operatorname{tgr}} \quad (9)$$

Тўғри бурчакли учбурчак АВ О' ва АВО лардан $\operatorname{tgi} = \frac{AB}{AO'}$ га $\operatorname{tgr} = \frac{AB}{AO}$ бўлиб,

$$(9) \text{ га асосан } n = \frac{\operatorname{tgi}}{\operatorname{tgr}} = \frac{AO}{AO'} = \frac{H}{h} \quad (10) \text{ ни ҳосил қиламиз.}$$

Мавҳум қалинлик h ни аниқлаш учун мўлжалланган микроскоп қисқа фокусли объектив ва катта фокусли окулярдан иборат (5- расм)



5-расм

1) микроскопнинг умумий кўриниши; 2) штатив; 3) тубус; 4) объектив; 5) окуляр; 6) буюм қўйиладиган сотл; 7) кремальер; 8) миллиметрли шкала ва нониус

Ишни бажариш тартиби

1. Микроскопнинг объективи қаршисидаги буюм столчасига икки томони тирналган шиша пластина қўйилади. Кремальер винт ёрдамида микроскопнинг кўриш майдонида пластинанинг устки тирналган чизиғи яхши кўрингунча ҳаракатлантириб, нониусдан h_1 ҳисобланади.

2. Худди шунингдек, пластинанинг пастки тирналган чизиғи яхши кўринадиган ҳолатдаги h_2 ҳисобланади ва пластинканинг мавҳум қалинлиги $h = h_1 - h_2$ топилади.

3. Штангенциркуль билан пластинанинг ҳақиқий қалинлиги H ўлчанади.

4. Бу ўлчашлар ҳар хил қалинликдаги бошқа шиша пластиналар учун такрорланади ва (10) формуладан фойдаланиб, уларнинг синдириш кўрсаткичлари аниқланади. Ўлчашлар 3 мартадан такрорланади. Олинган натижалар қуйидаги жадвалда ёзилади:

Пластина р	“Мавҳум” қалинлик			Ҳақиқий қалинлик	Синдириш кўрсаткичи
	h_1 (мм)	h_2 (мм)	h (мм)	H (мм)	n
1					
2					
3					
1					
2					
3					

НАЗОРАТ УЧУН САВОЛЛАР

1. Абсолют ва нисбий синдириш кўрсаткичларининг таърифини айтинг ва физик маъносини тушунтиринг.
2. Тўла ички қайтиш ходисаси деб нимага айтилади.
3. Линзада тасвир ясанг ва линза формуласини ёзинг.
4. Ишни бажариш усулини тушунтириб беринг.
5. Микроскопда нурлар йўлини чизинг.

МУНДАРИЖА

Кириш.....	4
Лаборатория ишларини ўтказишда техника хавфсизлиги бўйича қисқача қоидалар.....	4
Лаборатория хонасида дарсларнинг ўтказилиш тартиби	5
Физик катталикларни ўлчаш ва хатоликларни ҳисоблаш.....	5
1- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ	
Обербек маятниги ёрдамида қаттиқ жисмнинг инерция моментини аниқлаш.....	9
2 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ	
Эгилиш усули орқали Юнг модулини аниқлаш	16
3 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ	
Тебранма ҳаракат қонунларини ўрганиш	21
ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ №4	
Қаттиқ жисмларнинг солиштирма иссиқлик сиғимини аниқлаш.....	28
5- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ	
Суюқликларнинг ички ишқаланиш коэффициентини Стокс усули билан аниқлаш	38
6 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ	
Электростатик майдонни ўрганиш	43
7 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ	
Конденсатор сиғимини Уистон кўприги ёрдамида ўлчаш	51
8-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ	
Уистон кўпригидан фойдаланиб қаршиликларни аниқлаш.....	55
9 – ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ	
Ғалтакнинг индуктивлигини, тўла кучланиш ва ток орасидаги фаза силжишини ҳамда муҳитнинг магнит сингдирувчанлигини аниқлаш	67
10- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ	
Ёрнинг магнит майдон индукциясининг горизонтал ташкил этувчисини тангенс-буссол ёрдамида аниқлаш.....	73
11–ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ	
Микроскоп ёрдамида шиша пластинканинг синдириш кўрсаткичини аниқлаш.....	85

