

53
М 908х.5
М. МУНИНОВ
Ҳ. ҲАЙДРОВ

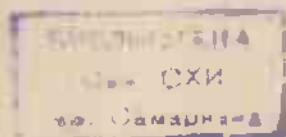
15694
ФИЗИКАДАН
ЛАБОРАТОРИЯ
ИШЛАРИ
УЧУН ҚЎЛЛАНМА

М. МУМИНОВ, Ҳ. ХАЙДАРОВ

ФИЗИКАДАН ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИ УЧУН ҚЎЛЛАНМА

Ўзбекистон ССР Олий ва махсус
орта таълим министрлиги олий ~~ма~~ юрталари учун
қўлланмаси сифатида рухсат этган

ДАЛГА ИШЛАНГАН ВА ТЎЛДИРИЛГАН ИККИНЧИ НАШРИ



«ЎҚИТУВЧИ» НАШРИЁТИ
Тошкент—1971

53
М 99

Муминов Муса ва Хайдаров Ҳамза

Физикадан лаборатория ~~исқоти~~ учун ~~«Беллар»~~ Олий ўқув юр-
лари учун ўқув қўлланмаси. Қайта тизилган ва тўлдирилган 2-нчи
нашри. 1., «Ўқитувчи», 1971 г.
336 б.

1. Совет.

Муминов Муса и Хайдаров. Ҳамза

Руководство к лабораторным работам по физике.

53(075)

№ 560—71

Навоий номи УзССР Давлат
кутубхонаси.

6—5

Ўқит. 71.

ИККИНЧИ НАШРИГА СЎЗ БОШИ

Бу нашрида китобнинг иккала қисми бирлаштирилди. Унга «Катод осциллограф билан ишлаш», «Рефрактометр ёрдамида сувоқликларнинг синдириш кўрсаткичнинг ва ўртача дисперсиясини аниқлаш» номли ишлар ва атом физикасига доир тўртта иш киритилди. Биринчи нашрида учраган баъзи камчиликлар тузатилди.

Ҳайдаров

БИРИНЧИ НАШРИГА БЕРИЛГАН СЎЗ БОШИДАН

Ҳозир физика фани табиёт фанлари орасида муҳим ўрин тутadi.

ҚЎСС Программасида курсатилганидек, фан ва техника ривожланиб бораётган сари кенг назарий ва амалий асослар, юқори малакали мутахассислар тайёрлаш лозим бўлган олий ва махсус ўрта таълим янада ривожлантирилади. Шунинг учун мақсадда бошқа фанлар билан бир қаторда физика фанини ҳам яхши билди олиш муҳим аҳамият касб этади.

Физикани пухта билди олиш учун лаборатория машғулотларида турли физик миқдорларни ўлчай билдиш жуда муҳимдир. Олий ўқув юртлири лабораторияларида физикадан тажриба ўтказишга доир ўзбек тилида нашр этилган қўлланмалар ҳозирча кам; мазкур қўлланма бу соҳада студентларга бир оз ёрдам берар деган умиддамиз.

Қўлланмага киритилган ишларни танлашда авторлар университет ва педагогика институтлари физика-математика факультетларининг умумий физика курси программасига асосландилар.

Авторлар бу қўлланмани Самарқанд Давлат университетида узоқ йиллар давомида физика ўқитиш ишнинг самараси деб қарадилар.

Китобнинг афсуски ҳақиқати уқиб, ўзларининг фойдали маслаҳатларини берганликлари учун доц. А. Г. Қочнев, доц. А. Қ. Отахужаев ва старший ўқитувчилардан А. М. Юсупов, Х. М. Аюповга авторлар миннатдорчилик изҳор қиладилар.

Шунингдек, қўл ёзмами уқиб чиқиб, айрим камчиликларини тузатишга ёрдам берганлиги учун авторлар Тошкент Давлат ўниверситети умумий физика кафедрасининг аъзоларидан доц. И. С. Андреев, Э. Н. Назиров, Р. М. Қодиров ва З. Худайбергановага ташаккур билдирадилар.

1 БОВ

ФИЗИКАДАН ТАЖРИБА УТКАЗГАНДА ЧИКАДИГАН ХАТОЛАР ТУҒРИСИДА

1- §. Мукаддима

Табиатда юз берадиган хилма-хил физик ҳодисаларнинг фақат биригина томонини урганиш бизни кўп ҳолларда қаноатлантирмайди, шу сабабли ҳодисаларни миқдор жиҳатидан ҳам текшириш зарур бўлади. Ҳодисаларни миқдор томондан текшириш—ўлчаш ёки маълумотларга асосланиб, ҳисоблаш йўли билан ҳодисада қатнашувчи компонентлар орасидаги миқдорий қонунларни аниқлаш демакдир.

Физика фани илмий текширишларда экспериментлар ўтказила бошланган даврдан эътиборан тез суръатлар билан ривожлана бошлади. Мана шу факт фанда экспериментнинг роли нақадар катта аҳамиятга эга эканлигини кўрсатиб турибди. Диалектик материализм экспериментни бутун илмий билиш процессининг ҳал қилувчи аҳамиятга эга бўлган зарурий бир қисмигина деб қарайди. Аммо табиат ҳодисаларини текширишда фақат эксперимент билангина чегараланиб қолгани ярамайди. XVII асрда кўп мамлакат олимлари экспериментлар ўтказишга киришиб кетиб, «ҳамма нарсани тажриба ҳал қилади» деган широр остида ижод қила бошлаганлар. Бу ҳол илмий билишнинг эксперимент ўтказишдан бошқа методларини инкор қилишга олиб келган. Улуғ рус олими М. В. Ломоносов эксперимент билан назарияни бирга қўшиб олиб бориш лозим эканлигини яхши тушунган ва бу соҳада катта ишлар қилган.

Назария билан амалиётни ўзаро чамбарчас боғлаб боргандагина ҳодисани атрофлича тула урганиш мумкин. Табиат ҳодисаларини текшириш ва уларнинг ўзаро боғланишларини урганишда диалектик материализм қонунларига асосланиш шарт.

Бирор ҳодиса уни кузатишдан бошлаб урганилади. Бу ҳодисага тегишли бўлган илгари топилган маълумотларга ва ғалдаги кузатиш ва тажриба натижаларига асосланиб туриб бу ҳодиса хarakterистикалари орасидаги сифат ва миқдорий боғланишлар аниқланади ва бу ҳодиса туғрисида умумий бир хулосага келиб, гипотеза (фаразия) яратилади. Яратилган гипотезанинг тўғри ёки нотўғри эканлиги реал турмушда яна кузатиш ва тажрибалар ўтказиб аниқлиб олинади.

Агар кузатиш ва тажрибалар гипотезанинг тўғрилигини тасдиқласа, у ҳолда гипотеза назарияга айланади. Маълумки, вақт ўтиши билан техника тараққий қилиши натижасида янги, илгаригидан кура каттароқ аниқлик билан улчашга имкон берадиган мукаммаллашган асбоблар ва текшириш методлари яратилади. Булар ёрдамида ҳодисаларни янада чуқурроқ ўрганиш мумкин бўлади. Бу ҳолда тажриба ва кузатишлар натижаси аввалги гипотеза ва назариялардан ~~чиқиб~~ қиладиган ва ҳатто олдинги гипотезаларга зид бўлиб чиқадиган хулосага олиб келиши мумкин. Демак, бу ҳолда назария тузатилади, тўлдирилади, мукаммаллаштирилади ва бу гипотеза ёки назарияга янги мазмун берилади.

Шундай қилиб, билим ва тажрибаларнинг кенгайиши ва чуқурлашиши сари илмий текширишлар табиатнинг янгидан-янги сирларини оча боради, билиш процесси чексиз давом эта боради. Бу ҳолда В. И. Ленин ўзининг «Материализм ва эмпириокритицизм» асарида бундай деб ёзган эди: «Илм-фан тараққиётидаги ҳар бир босқич абсолюти ҳақиқатнинг бу мажмуиға янги зарралар қўшади, лекин ҳар бир илмий қонданинг ҳақиқат доираси нисбий бўлиб, билимнинг янада ўсиб бориши билан гоҳ кенгайиб, гоҳ торайиб туради¹.

Юқорида айтиб ўтдикки, фан тараққиётида ҳодисаларни ўрганиш учун кузатиш ва тажриба бирдан-бир йўл эмас, албатта. Лекин тажриба ҳал қилувчи ролин уйнайди. Шу сабабли фан экспериментаторлардан илмий кузатиш, тажриба ўтказиш вақтида керакли миқдорларни мумкин қадар аниқ улчаб, туғри хулоса чиқаришни талаб этади. Физика тарихида бирон назария ёки гипотезанинг кейинги кузатиш ва тажрибаларда тасдиқланмай қолиши, рад қилиниши ва натижада тўғриланиши ва ҳатто фандан бутунлай чиқариб ташланиши каби ҳоллар кўп бўлган. Буларга бир неча мисол келтирамиз:

1. Қадимги грек файласуфлари Демокрит, Левкипп, Эпикур ва бошқалар табиат ҳодисаларини кузатиб, дунёдаги ҳамма нарсалар атомлардан иборат деб буюк гипотеза яратганлар. У замон фани ибтидоий бўлганидан бу гипотезани кузатиш ёки тажриба йўли билан исботлашга имкон бўлмаган. Шунинг учун Демокритнинг доно фикри 2000 йилдан ортинқ давр фанда гипотеза сифатида қолиб келган. XVII асрга қадар қадимги мутафаккирларнинг таълимотига деярли ҳеч қандай янгилик киритилмаган. Атом таълимотини дастлаб Р. Бойль ва И. Ньютон, М. В. Ломоносов, Д. Дальтон, А. Авогадро, И. Лошмидт каби олимлар физик-химик ҳодисаларни текширишда анча мукаммаллашган асбоблар ва илмий методлар қўлланиш натижасида ривожлантирдилар. Шу даврдан бошлаб фанда атом гипотезасидан фойдаланиш ва уни кенгайтириш, мукаммаллаштириш ишлари йилдан-йилга авж олди.

¹ В. И. Ленин, Материализм ва эмпириокритицизм, Ўздавнашр, Тошкент, 1950, 137-бет.

Хусусан XIX асрнинг иккинчи ярми ва XX асрнинг бошида Г. Столетов, Н.Н. Лебедев, Максвелл, Ж. Томсон, Гельмгольц, билимани на бопқа олимлар парсаларнинг атом тузилиши туғрисида қўйилган тадқиқотлар ўтказиб, атом гипотезасининг туғрилигини тасдиқлаб, уни назарияга айлантиришда катта ҳисса қўшдилар; ҳозирги пайтда бу соҳада экспериментал ва назарий текширишлар шу даражада тараққий этдики, ҳатто атомнинг ҳам тузилиши мураккаб эканлиги маълум бўлди: атомнинг электронлар ва мураккаб ядродан иборат эканлиги аниқланди.

1905 йили инглиз физиги Ж. Томсон атом тузилиши туғрисида қуйидаги фикрни айтди. «Атом—мусбат заряд билан тулган шарчадир. Бу шарчанинг ҳажмида ҳар бири манфий заряднинг энг кичик булагига эга бўлган элементар заррачалар—электронлар бир текисда тарқалган. Электронлар заряднинг йиғиндисини атомнинг бутун ҳажмига текис тарқалган мусбат зарядга тенг».

Атомнинг бу моделини то инглиз физиги Резерфорд атом тузилишини урганиш соҳасида ажойиб тажрибалар ўтказганига қадар ҳамма эътироф этиб келган.

Атомнинг Ж. Томсон таклиф этган дастлабки моделига асосан, моддadan мусбат зарядли заррачалар, масалан, α -заррачалар деярли ўта олмаслиги керак эди. Аммо Резерфорд ўтказган тажрибалар бундай тесқари ҳодисани, яъни α -заррачалар кўп ҳолларда модда қатламидан ўтиб кетаверишини ва текшириляётган модда қатлами орқасига қўйилган экранда сцинтилляция кузатилишини кўрсатди. Тажрибаларнинг натижаларига қараб Резерфорд атомнинг Ж. Томсон таклиф этган моделини қайта қараб чиқишга мажбур бўлди, чунки Резерфорд ўтказган тажрибалар натижалари Ж. Томсон назариясига қарама-қарши бўлиб чиқди.

Резерфорд тажрибаларидан сўнг атомнинг «планетар» модели деб аталган янги моделини Н. Бор таклиф қилди ва бу моделни ҳамма олимлар эътироф этдилар. Атомнинг планетар модели, элементларнинг химиявий хоссалари нуқтаи назаридан қараганда элементларнинг даврий жадвалига батамом мувофиқ келганга ўхшайди; бироқ бундан кейинги текширишлар планетар моделини бир қадар ойдинлаштириш зарур бўлиб қолганлигини кўрсатди.

Атомнинг Резерфорд моделига асосан, элементларнинг атом оғирлиги уларни ташкил этувчи протон ва электронларнинг оғирлигига тенг бўлиши керак. Шунга асосланиб туриб, Менделеев жадвалида 92-уринда турадиган уранинг атом оғирлигини топмоқчи бўлсак, унинг атом оғирлиги 92 бўлиши керак. Ҳақиқатда эса уранинг атом оғирлиги 238 га тенг. Бу ерда ҳам яна қарама-қаршиликка учрадик. Бундан элементларнинг (атомининг ядросида фақат битта протон бўлган водороддан ташқари) атом оғирликлари уларнинг тартиб номерига мос келмайди, деган хулоса келиб чиқади.

Кейинги текширишлар натижаларига асосланиб туриб олимлар қуйидаги гипотезани уртага ташлаган эдилар: нейтронлар атом ядролари таркибига киради.

Ядронинг протон билан нейтронлардан тузилиш модели (янги модель) элементларнинг атом оғирликлари билан уларнинг Менделеев жадвалидаги тартиб номерлари орасидаги тафовутни бартараф қилди.

Атом ядроларининг протон ва нейтронлардан тузилганлиги туғрисидаги тушунчани биринчи бўлиб 1932 йили совет физиги Д. Д. Иваненко айтган. Маълумки, бу гипотеза ҳам ҳозирги вақтда умум томонидан эътироф этилган назарияга айланди.

Атом ядросининг тузилишини текширишда совет олимлари Д. Д. Иваненко, Д. В. Скобеледин, И. В. Курчатов, М. А. Леонтовичларнинг хизматлари жуда каттадир.

2. Буюк рус олими Д. И. Менделеев 1868 йилда химиявий элементларнинг даврий системаси қонунини очди. Д. И. Менделеев узидан аввал ўтган олимларнинг ва узининг шу соҳада утказган тажрибалари ва гипотезаларига асосланиб, химиявий элементларнинг атом оғирликлари ва физик-химиявий хусусиятларини назарга олиб, уларни маълум тартибда бир жадвалга жойлаштирди. Ҳозирги вақтда бу жадвал фанда Д. И. Менделеев даврий системаси номи билан машҳурдир.

Уша замонда фанга маълум бўлмаган элементлар учун Д. И. Менделеев ўз жадвалида жойлар қолдирди. Д. И. Менделеев жадвалидаги бу буш жойларга қандай хусусиятли ва атом оғирлиги қанчага тенг бўлган элемент ёзилиши кераклигини илгариданоқ айтган эди. 1886 йилда германий, 1892 йилда аргон ва гелий элементлари топилдики, булар Д. И. Менделеев жадвалида тегишли буш жойларни тўлдирдилар. Д. И. Менделеев узининг очган даврий системаси қонунига асосланиб, уша даврда фанга маълум бўлмаган элементларнинг табиатда мавжудлигидан донишмандона хабар берган эди.

Элементларнинг Д. И. Менделеев очган даврий система қонуни табиий фанларнинг катта қадамлар билан илгари босиши учун хизмат қилди ва қилмоқда. Лекин шу билан химиявий элементлар, айниқса ўз таркиби жиҳатидан, фанга тула-туқис маълум деган хулосага келиш мумкин эмас. Атом тузилиши ҳақидаги 1911 йилда бошланган текширишлар, жумладан атом ядросини текширишлар, Менделеев жадвалига муҳим тузатишлар киргизиш кераклигини кўрсатди. Ҳақиқатан ҳам 1919 йилда инглиз олими Астон масса-спектрограф ихтиро қилиб, кўп элементларнинг изотопларини топди. Бу асбоб ёрдамида масса миқдорини 10^{-11} граммгача аниқлик билан улчаш мумкин бўлди. Шу асбоб билан Астон айни бир химиявий элементнинг массаларни турлича бўлишлигини очиб берди. Масалан, ҳозирги вақтда водороднинг атомлари уч хил эканлиги маълум. Оддий водороднинг атом оғирлиги 1,00813, водороднинг бир изотопи (дейтерий) нинг атом оғирлиги 2,014173, тритийники эса 3,01705.

3. XVIII асрда М. В. Ломоносов, Румфорд, Дэви ва бошқа олимларнинг кузатиш, тажриба ва текширишлари «теплород» гипотезасининг бутунлай нотўғри эканлигини исбот қилди. Шу сабабли бу гипотеза фандан чиқарилиб ташланди.

Юқорида келтирилган тарихий фактлар фан тараққиёти учун назария, кузатиш ва тажриба узаро доим органик равишда боғлиқ бўлишини ва бунда тажриба бош ролни уйнашини тасдиқлайди.

Физик кузатиш ва тажрибаларнинг такомиллаша бориши, тажрибада ишлатиладиган асбоблар аниқлик даражасининг орта бориши табиат сирларини янада кўпроқ очишга имкон беради.

2-§. Улчов бирликлари

Лаборатория шароитида ўлчаш ишлари ўтказиш миқдорларни ўлчаш юзасидан қуникмалар олиш учунгина эмас, балки шу лаборатория вазифасида ишлатилган асбоб билан яхшироқ танишишни, физик ҳодиса ва қонунларни мумкин қадар тулароқ урганишни кўзда тутати. Тажриба ўтказишда баъзи физик миқдорлар ўлчанади, баъзилари эса ҳодисанинг қонунини ифодаловчи муносабатларга қараб ҳисоблаб чиқарилади. Демак, бунда бевосита ўлчанадиган ва билвосита ўлчанадиган миқдорлар билан иш қўришга тўғри келади. Масалан, қаршилиги ўлчанадиган ўтказгичнинг узунлиги бевосита чизғич билан ўлчаб топилади. Шу ўтказгичнинг қаршилиги ўлчаб топилган миқдорларни электр қаршилиқ формуласига қўйиш билан ҳисоблаб топилади. Оғирлик кучи берадиган тезланиш маятник формуласига маятникнинг узунлиги ва тебраниш даврини қўйиш йўли билан ҳисоблаб топилади.

Физик миқдорларни ўлчаш усуллари ва бунда ишлатиладиган асбоблар хилма-хилдир. Масалан, узунликни оддий чизғич билан ўлчашдан ташқари, мурраккаб оптик асбоблар билан ҳам ўлчаш мумкин. Ўзгарувчан ва ўзгармас электр токига тегишли миқдорларни электромагнит, электродинамик ва магнитоэлектр система асбоблари билан ўлчаш мумкин.

Миқдорларнинг бевосита ёки билвосита ўлчанишидан ташқари, ҳар қандай физик миқдорни ўлчаш уни ўлчов билан бир жинсли бўлган ўлчов бирлигига солиштириш демакдир.

Масалан: маятникнинг узунлигини ўлчаш — узунлик ўлчови бирлиги билан маятник узунлигини таққослаб қўришдан, яъни маятник узунлигида ўлчов бирлиги қанча борлигини топишдан иборатдир ёки тарозида бирор жисмнинг оғирлигини ўлчаш — шу жисмнинг оғирлиги оғирлик ўлчов бирлигидан неча марта катта ёки кичик эканлигини билиш демакдир.

Демак, бирор миқдорни ўлчаш — бу ўлчанадиган миқдорнинг у билан бир жинсли бўлган ўлчов бирлигига нисбатини аниқлашдан иборатдир.

Ўлчов бирликлари қилиб (заруратига қараб) ҳар хил катталикларни, масалан, метр, километр, килограмм, шунингдек булардан кичик ёки каттароқ катталикларни олиш мумкин.

Тарихдан маълумки, ўлчов бирликлари ҳар хил мамлакатларда, ҳар хил халқларда, ҳатто бир халқнинг ўзида ҳам хил хил бўлган ва доим ўзгариб келган.

Улуғ Октябрь Социалистик революциясига кадар Урта Осиёнинг турли қисмларида узунлик ўлчовининг бирлиги турлича бўлган. Масалан: Бухорода узунлик ўлчов бирлиги бир қарич ёки бир тош ишлатилган бўлса, Тошкент, Самарқанд ва Фарғонада аршин, сажень ва чақирим каби бирликлар қўлланилган. Шунингдек, оғирлик ўлчов бирлиги сифатида Бухорода нимча, чорак, ботмон олинган, бошқа жойларда мисқол, қадоқ, пуд ишлатилган. Ҳажм, юз ўлчов бирликлари ҳам турлича бўлган.

Ўлчов бирликларининг ҳар хил бўлиши катта қийинчилик туғдиради. РСФСР Халқ Комиссарлари Советининг 1918 йил 14 сентябрь декрети бу соҳадаги ноқулайликни бартараф қилди.

Юқорида айтилгандек, айни бир миқдорни у билан бир жинсли бўлган турли бирликлар билан ўлчаш мумкин, шунинг учун бир жинсли ўлчов бирликларининг биридан иккинчисига ўтиш йулини билиш зарур.

Эски ўлчов бирликларининг кўпчилиги ўзаро бир-бирларига алоқасиз равишда олинган. Масалан, қадоқ ва аршин. Буларнинг ҳар қайсилари ўзларига мустақилдир ва бир-бирларига боғланмайди. Ҳозирги ўлчов системалари ўзаро боғлиқдирлар ва маълум бир қонун асосида алоқадордирлар.

Халқаро бирликлар системаси (СИ) да асосий ўлчовлар сифатида узунлик, масса, вақт, ток кучи, термодинамик температура ва ёруғлик кучи олинган. (СИ системаси туғрисида китоб охиридаги иловага қаранг.) Бошқа ҳар қандай физик миқдор учун ҳам ихтиёрий танлаб олинган ўлчов бирлигини белгилаш мумкин. Аммо бундай қилиш ноқулай буларди. Шунинг учун асосий ўлчовдан бошқа физик миқдорларнинг ўлчов бирликлари бу физик миқдорлар билан ўлчов бирлиги илгари танлаб олинган миқдорлар орасидаги қонуний боғланишларга асосланиб белгиланади. Бундай бирликлар ҳосила бирликлар бўлади.

Механик ҳодисалар учун асосий ўлчов бирликлари учта (узунлик, масса, вақт) бўлиб, баъзи ҳолларда уч асосий ўлчов старли бўлмайди, бундай ҳолларда физик ҳодисаларни текширишда тўртинчи бирлик (масалан, температура) қўлланилади; унинг ўлчов бирлиги ҳам, бошқа асосий ўлчов бирликлари сингари ихтиёрий равишда белгиланади.

Асосий ўлчов бирликлари қандай танлаб олинган?

XVIII асрнинг охирида француз олимларидан тузилган Комиссия узунлигининг *метр* деб аталган асосий бирлиги сифатида Париждан ўтган меридиан чорагининг ун миллиондан бир улушини қабул қилган. Тегинли геодезик ўлчашлар натижаларига асосланиб, платинадан метрнинг биринчи эталони тайёрланди, кейинчалик бу эталон «архив метр» деган ном олди. Аммо Париждан ўтган меридиан кейинчалик ўлчанганда унинг узунлиги аввал ўлчанганиданидан 3423 м ортиқ эканлиги маълум бўлди. Шундай қилиб, метрнинг Ер меридианини биринчи ўлчаш натижасида ясалган ва 1799 йилда тасдиқланган биринчи

эталон меридианинг 40 000 000 хэм бир улушига бир оз кичик булиб чиқди.

Шу даврда массанинг асосий улчов бирлиги қилиб *грамм* қабул қилинди. 1 грамм — температураси 4°C булган 1 см³ тоза сувнинг массаси деб қабул қилинди. Массанинг 1000 граммга тенг бирлиги килограмм деб аталди. Килограмм эталон платинадан тайёрланган булиб, унинг массаси 4°C температурали 1000 куб сантиметр тоза сувнинг массасига тенг деб қабул қилинди. Килограммнинг бу биринчи эталон «архив килограмм» деган ном олди. Кейинчалик архив килограммнинг массаси олдин қабул қилинганидан бир оз ортиқ эканлиги маълум булган.

Вақтнинг асосий улчов бирлиги қилиб ўртача қуёш суткаси $\frac{1}{86\,400}$ улушига тенг вақт олинди ва унга *секунд* деб ном берилди.

Узоқ кузатишлар натижасида, Ернинг ўз ўқида потекис айланиши маълум булди. Хар 100 йилда сутка тахминан 0,002 секунд ортади. Шу сабабли секундни аниқлашда хато чиқади ва бу хато ҳозирги замон фани учун тўғри келмай қолди. Халқаро бирликлар системасида секунд Ернинг *Қуёш* атрофида айланиш вақти орқали белгиланади. Шундай қилиб, секунд — эфемерид вақтнинг 1900 йили 0 январи соат 12 си учун олинган тропик илнинг $\frac{1}{31\,556\,925,9747}$ қисмидир.

1889 йили Парижда улчов ва тарозиларнинг биринчи халқаро конференциясида узунлик, масса ва вақтнинг асосий бирликларини узил-кесил аниқлаш масаласи қўйилди. Вақт бирлиги — секунд ва унинг таърифи ўзгаришсиз қолдирилди. Архив метр билан архив килограмм бошда берилган таърифларига мувофиқ келмаса-да, Париж конференцияси архив метр узунлиги ва архив килограмм массасини узунлик ва массанинг асосий бирлиги сифатида қабул қилди. Бундан сўнг архив метр ва архив килограммнинг мумкин қадар аниқ булган нусхалари ясалди. Нусхалар 90% платина ва 10% иридийдан иборат қотишмалардан ясалган. Бу қотишма қаттиқлиги, кенгайиш температура коэффициентининг кичиклиги ва химиявий жиҳатдан жуда турғунлиги туфайли метр ва килограмм нусхалари ясашда яхши материал булди. Метр ва килограммнинг архив нусхаларга энг яқин булган иккита нусхаси улчов ва тарозиларнинг халқаро Бюросида тебраниш ва температура ўзгаришларидан муҳофаза қилинган махсус хонада сақланади.

Табийий улчов бирлиги билан эталон нусхалари орасидаги тафовутни йўқотиш йўлида фанда бир неча ун йиллар давомида кўп ишлар қилинди...

Табийий улчов билан бирликлар нусхаларини, масалан, метр нусхасини таққослаб туриш фан учун гоят муҳимдир, чунки вақт ўтиши билан платина ва иридийдан иборат қотишманинг структураси

узгариди. Ҳеч қандай қаттиқ эталон чизғич бундай табиий узгаришдан ҳоли эмаслиги равшан бўлгани учун, янги эталон сифатида маълум шартларда вужудга келтириладиган спектрал чизикнинг тулқин узунлигини олиш мумкин. Бунга сабаб ёруғлик тулқинининг узунлиги фақат асосий физик қонуилар билангина аниқланишидир.

Олимлар спектр чизигининг тулқин узунлиги билан метрни таққослаганлар. Таққослаш учун масалан, табиий миқдор—кадмий спектридаги қизил чизикнинг тулқин узунлиги олинган. Ўлчов ва тарозиларга бағишланган XI Бош конференция 1960 йил 14 октябрда метрнинг янги таърифи ҳақида резолюция қабул қилди: метр деб атом оғирлиги 86 бўлган криптон изотопининг $2p_{10} \rightarrow 5d_5$ энергия сатҳлари орасидаги утишга мос келувчи (тук сарик чизик) нурланишининг вакуумдаги 1650763,73 тулқин узунлигига тенг узунлик олинади.

Ўлчовларнинг метр системаси бирликларнинг бир қанча системасини яратишга асос бўлди. Бирликлар системаси бир-биридан асосий ўлчов бирликларининг катталиги билан ҳам, баъзан ўлчов бирликларининг танланиши билан ҳам фарқ қилади. Масалан, СГС системаси билан МКС системаси бир-биридан асосий бирликларининг катталиги билангина фарқ қилади. МКГСС системаси олдинги икки системадан асосий бирликларининг танланиши билан фарқ қилади, масалан, МКГСС системасида олдинги системалардаги масса ўрнида куч олинган.

Бу системаларни бирма-бир кўриб чиқайлик.

Асосий бирликлар сантиметр (см), грамм (г) ва секунд (сек) бўлган система СГС системаси деб аталади. Бу система баъзан физик система деб ҳам аталади. СГС системаси бирликларнинг халқаро системаси ҳисобланиб, асосан физика соҳасидаги илмий текширишларда ишлатилади.

Асосий бирликлари метр (м), килограмм (кг) ва секунд бўлган система МКС системаси деб аталади. Бу система бирликларнинг халқаро практик системаси деб қабул қилинган.

Асосий бирликлари метр (м), килограмм-куч ва секунддан иборат система МКГСС системаси деб аталади. Бу система техник система деб аталади. Техник системада куч бирлиги қилиб 45° кенгликда денгиз юзи баландлигида 1 килограмм массага таъсир қиладиган Ер тортиш кучига тенг куч олинган. Бу бирлик килограмм-куч дейилади.

Халқаро бирликлар системаси (СИ) 1963 йил 1 январидан бошлаб бутун мамлакатимизда жорий этилди.

3-§. Ўлчамлик

Ўлчамлик деб бирор физик миқдор билан фанда қабул қилинган асосий ўлчов бирликларни орасидаги муносабатга айтилади.

Физик ҳодисаларнинг фақат сифат томонини билиш эксперементчини қаноатлантирмайди. Ҳодисанинг миқдорий томонларини

ўрганиш ва билиш ҳам тадқиқотнинг муҳим қисмини ташкил этади. Механикада асосан 3 хил катталиқнинг ўлчамлиги ҳақида гапирилади:

1) узунлик — l : унинг ўлчамлиги L ҳарфи билан белгиланади; 2) масса — m : унинг ўлчамлиги M ҳарфи билан белгиланади; 3) вақт — t : унинг ўлчамлиги T ҳарфи билан белгиланади. Иссиқлик ҳодисаларини текширишда туртинчи миқдор — температура Θ (тета) ҳам олинади. Унинг ўлчамлиги Θ (капта тета) ҳарфи билан белгиланади.

Агар биз бирор ҳосилавий бирлиқнинг ўлчамлигини $[K]$ билан белгиласак,

$$[K] = L \cdot M \cdot T \cdot \Theta. \quad (1)$$

Бу (1) формула ўлчамлиқнинг асосий (умумий) ифодасидир. Бундаги x, y, z, n кўрсаткичлар ўлчамлиқ даражалари дейилади ва улар бутун ёки каср, манфий ёки мусбат сонлар ҳамда ноль бўлиши мумкин. Ўлчамлиқнинг асосий формуласи маълум бир ҳосилавий бирлиқнинг асосий бирлиқлар даражалари билан қандай боғланганлигини билдиради.

(1) формуланинг СГС системасидаги шакли қуйидагича бўлади:

$$[K] = \text{с.м}^a \cdot \text{с.г}^b \cdot \text{сек}^c. \quad (1a)$$

Физикада ишлатиладиган миқдорларнинг ўлчамлиқларини билиш ҳар бир экспериментчи учун жуда зарурдир. Физиканинг турли бўлимларидан мисоллар олиб, уларнинг ўлчамлиқларини аниқлайлик.

Тезлик ёки тезланиш, ҳаракат миқдори, электр миқдори ва бошқаларнинг бирор системадаги ўлчамлиқлари кўп учрайди.

1. Маълумки, куч катталиги

$$F = ma$$

формула билан берилади. Бу Нютоннинг иккинчи қонунининг ифодасидир.

Бунда $[F]$ ни аниқлаймиз. a тезланиш:

$$a = \frac{v}{t}$$

формула билан ифода қилинади, бундаги v — тезлик; u ҳам уз навбатида

$$v = \frac{s}{t}$$

билан ифодаланади, бундаги s — йўл, яъни узунлик; унинг ўлчамлиги эса $[L]$, t — вақт; унинг ўлчамлиги $[T]$.

Демак, тезлиқнинг ўлчамлиги $[v] = \frac{L}{T} = LT^{-1}$ бўлади.

Агар тезлик билан вақт ўлчамликларини тезланиш ифодасига қўйсак, тезланишнинг ўлчамлиги келиб чиқади:

$$[a] = LT^{-2}.$$

Натижада F кучининг ўлчамлиги:

$$[F] = MLT^{-2}$$

ёки $[F] = e \cdot \text{см} \cdot \text{сек}^{-2}$.

2. Электр миқдорининг ўлчамлиги Кулон қонуни бўйича топилади:

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Агар $e_1 = e_2 = e$ ва $\epsilon = 1$ бўлса, бу формула қуйидагича ёзилади:

$$F = \frac{e^2}{r^2}$$

бундан

$$e = \sqrt{F r^2}$$

Кучнинг ўлчамлиги $[F] = MLT^{-2}$ ва r нинг ўлчамлиги $[r] = L$ бўлгани учун, e электр миқдорининг ўлчамлиги:

$$[e] = \sqrt{MLT^{-2}L}$$

ёки

$$[e] = M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}$$

3. Ток кучининг ўлчамлиги $I = \frac{q}{t}$ формулага асосланиб чиқарилади, бундаги I — ток кучи, e — электр миқдори, t — вақт. Электр заряд ўлчамлигини вақт ўлчамлигига бўлсак, ток кучининг ўлчамлиги келиб чиқади:

$$[I] = \frac{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}}{T} = M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-2}$$

4. Солиштирма иссиқлик сифимининг ўлчамлигини чиқарайлик:

$$c = \frac{Q}{m \Theta}$$

c — солиштирма иссиқлик сифими, m — масса, Θ — температура, Q — иссиқлик миқдори. Q иссиқлик миқдори π иш миқдорига эквивалент. Шунинг учун иссиқлик миқдори ўлчамлиги ишнинг ўлчамлиги кабилар.

Ишнинг ўлчамлигини аниқлаймиз:

Куч ва йўлнинг $[F]$ ва $[L]$ ўлчамликларини

$$W = F \cdot L$$

формулага қўйсак:

$$[W] = ML^2 T^{-2}$$

Температура ўлчамлигини Θ билан белгиласак, иссиқлик сигимининг ўлчамлиги:

$$k = \frac{m \cdot T}{M \Theta} = \frac{1}{T \Theta}.$$

Физик қонунлар математик тенглама ва формулалар ёрдамида ифодаланганда, уларнинг туғри-нотуғрилигини формула ва тенглама таркибидаги физик миқдорларнинг ўлчамликлари орқали ҳам текшириб куриш мумкин. Ҳар қандай тенгламанинг ўнг ва чап томонлари ҳадларидаги физик миқдорларнинг ўлчамликлари ҳар хил чиқса, у физик тенглама нотуғри тузилган бўлади. Масалан, утказгичнинг қаршилигини Уитстон куприги ёрдами билан топишда

$$X = R \frac{l_1}{l_2}$$

формула ишлатилади. Бу формуланинг чап томонидаги X бизга қаршилиқнинг катталигини билдиради. Формуланинг ўнг томонидаги ҳад компонентларининг ўлчамлигини текшириб кўрамиз, R — қаршилиқ, l_1 , l_2 — узунликлар, уларнинг ўлчамлиги:

$$[R] \cdot [l_1] = [l_2]$$

Демак, X нинг ўлчамлиги:

$$[X] = R \frac{l_1}{l_2} = [R].$$

Шундай қилиб, X миқдор қаршилиқнинг катталигини ифодалайди, яъни формула туғри.

Яна бир мисол: математик маятникнинг тўла тебраниш даврини топиш учун қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

бундаги l — маятник узунлиги, $\pi \approx 3,14$ (ўлчамсиз сон), g — тортининг тортиниш кучи берадиган тезланиш. Маълумки, тезланишнинг ўлчамлиги:

$$[g] = \frac{l}{t^2}.$$

Юқоридаги формулага тегишли ўлчамликларни қўйсак, T нинг ўлчамлигини толамиз:

$$[T] = \sqrt{\frac{l}{g}} = t.$$

Демак, юқоридаги формула физик нуқтани назардан туғри ифодаланган экан.

Энди қуйидаги бир формулани ёзайлик:

$$R = \frac{m}{\pi}.$$

бунда R — қаршилик, I — ток кучи, λ — ўлчамсиз сон. Математикада қўлланиладиган абстракт сонлар нуқтаи назаридан бу формула тўғри, лекин физика нуқтаи назаридан нотўғридир. Ҳамдан ҳам,

$$I = \frac{U}{R} \text{ бундан } R = \frac{U}{I}.$$

Бу формулага ўлчамликларни қўямиз:

$$[R] = \frac{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1}}{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-2}} = L^{-1} T.$$

Аммо I ва U нинг ўлчамликларини $R = \frac{IU}{I^2}$ га ўлчамлигини ҳисоблаймиз:

$$[R] = ML^2 T^{-3}.$$

Юқоридаги формуланинг унғ томонидаги ифода компонентларининг ўлчамликларидан қаршиликнинг ўлчамлиги келиб чиқмади (балки у, қувват ўлчамлигини билдиради), бинобарин, физик нуқтаи назардан бу формула нотўғри тузилган экан.

Шундай қилиб, ўлчамликлар физик тенглама ва формулаларнинг тўғри тузилганликларини аниқлашда ишончли восита бўла олади.

4-§. Ўлчашда чиқадиган хатоларнинг манбалари

Физик тажрибалар қила туриб миқдорларни ўлчашда экспериментчи доимо озми-кўпми хато қилади. Кўп сабабларга кура хатони тамомила йўқотиш ҳам, бинобарин, миқдорни абсолют аниқ ўлчаш ҳам мумкин эмас. Лекин экспериментчининг «физик тажрибаларни қанчалик тиришиб, пухта ўтказишга ҳаракат қилсанг ҳам, бари бир, хатосиз ўлчаш мумкин эмас экан» деб қараши бутунлай нотўғридир.

Физик-экспериментчининг ўзи ишлаётган тажрибасига доир ўлчашларида юз берадиган хатоларнинг манбаларини яхши урганиб ва уларнинг катталикларини ҳисоблай олиши ҳамда ишига тегишли тузатмалар кирита билиши жуда муҳимдир.

Ўлчашда юз берадиган хатоларнинг манбаларини асосан уч хилга ажратиш мумкин.

1. Экспериментчининг ўзига боғлиқ бўлган хатолар; масалан, кишининг кўриш, эшитиш, ҳид сезиш, мазани билиш органлари тегишли ҳодисани абсолют тўғри аниқлашга қодир эмас; бу туфайли юз берадиган хатоларнинг катталиги эса экспериментчининг бу органларидаги табиий қамчиликлардан ташқари, унинг тажрибага бўй бўлиш-бўлмаслигига ҳам боғлиқдир. Баъзиларнинг кўзлари узоқдан, баъзи кишиларнинг яқиндан ёмон кўришлари каби ҳолларни ҳам ҳаммамиз кўп учратганмиз. Экспе-

рементчининг шахсига боғлиқ булган бу хатолар манбаи унинг шахсий тинглмаси дейилади. Экспериментчи физик тажрибалардаги улчашларида жуда катта хатоларга йул қўймаслиги унун ўзидаги бу камчиликларини яхши ўрганиб олган ва тажриба нуқтаида уларни ҳисобга ола биладиган бўлиши зарур.

2. Тажриба ўтказиш учун ишлатиладиган асбобларга хос хатолар. Фойдаланиладиган асбобнинг сифати ҳам улчининг натижасининг аниқлик даражасига таъсир этади. Масалан, абсолют аниқ тортишга имкон берадиган тарози, булимлари ўзаро абсолют тенг булган нониуслар, штангенциркулар, термометр, вольтметр ёки амперметр каби асбобларни ясаб булмайди. Ҳатто бир асбобнинг узидаёқ булимларининг оралари турлича бўлади. Марказий ва фокус нуқталари идеал тўғри булган линзалар ясаш ҳам мумкин эмас.

Ишлаб турган столимизнинг узунлигини факат сантиметрларга бўлинган чизғич билан улчасак, масалан, узунлиги 1 м 35 см бўлиши; миллиметрли чизғич билан ҳалиги столимизнинг узунлигини улчиганимизда эса 1 м 35 см 2 мм чиқиши мумкин. Шундай қилиб, ишлатиладиган чизғичимиз нақадар майда булимларга бўлинган бўлса, узунликларни шу қадар каттароқ аниқлик билан ўлчай олар эканмиз.

Агар калориметрда температура ўзгаришини симоб термометри билан $0,001^{\circ}$ дан кам булмаган аниқлик билан ўлчамоқчи бўлсан, олдин термометримизни яхшигина текшириб олишимиз лозим. Термометрда юз берадиган систематик хатолар (кўпинча ношаркор сабаблар туфайли ва ҳар вақт юз берадиган хатолар) манбаларини алоҳида текшириб билмоғимиз лозим. Термометрда систематик хато қўйидаги сабаблар туфайли юз беради:

1) термометрнинг симоб солинган ингичка найчаси (канал) бутун узунлиги бўйлаб абсолют бир хил йўгонликда булмайди ва шу туфайли ўлчаш аниқлигига албатта таъсир этади;

2) температурани ўлчаш вақтида ҳаво босими ва термометр ботирилган суюқликнинг термометр сиртига таъсири натижаси термометрнинг температурани сезилар-сезилмас даражада нотўғри кўрсатишига сабаб бўлади;

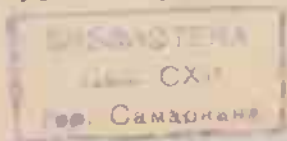
3) термометр ичидаги симобга унинг устида булган симоб буғларининг капилляр кучининг босими ва гидростатик босим температурани тўғри кўрсатишга ҳалақит беради;

4) термометр шкаласидаги булимлар бир-бирига тенг эмаслиги термометрнинг кўрсатишини баҳолашимизга ҳалақит беради;

5) термометрнинг 0° нуқтаси бирон муҳитга термометр ботирилганда унинг шишасининг кенгайиши ёки торайиши натижасида ўзгаради;

6) термометрнинг термик инертлиги уни бирор муҳитга ботирилганда бирданига муҳитнинг температурасини кўрсата олмаслигига сабаб бўлади.

Бу айтилган сабаблар туфайли чиқадиған хатоларнинг олдини



олин учун тажрибада қўлланиладиган термометрни эталон термометр билан солиштириш ва, шунга мувофиқ, нш натижасига тегишли тузатмалар киритишга тўғри келади.

Демак, бевосита ўлчайдиган асбоблар миқдорларни абсолют аниқ ўлчай олмайди, доимо улар озми-кўпми хато чиқишига йўл қўяди.

3. Тажриба ўтказилаётган шароитнинг ўлчаш натижасига хато киргизиши.

Физик тажрибалар йўли билан икки ўзгарувчи миқдорнинг бир-бирига боғланишини топиш жуда кўп учрайди. Тажриба жараёнида бу ўзгарувчи миқдорларга, бизнинг ихтиёримиздан қатъи назар, яна бошқа бир неча миқдор ҳам таъсир қилиши мумкинки, уларнинг таъсирини мутлақо бартараф қилиб бўлмайди. Масалан, газнинг ҳажми ва зичлиги орасидаги боғланишни аниқламоқчи бўлганимизда газнинг температураси ўзгармай бир хилда туради деб фараз қиламиз. Холбуки, тажриба вақтида температурани мутлақо бир хилда сақлаб туриш мумкин эмас. Маълумки, газ озгина сиқилса ҳам, дарҳол ўз температурасини ўзгартиради. Температура маълум бир чегарада ўзгаради. Ўзгариш чегарасини мумкин қадар кичрайтириш учун тегишли чоралар кўришимиз керак бўлади. Бир мисол кўриб ўтайлик: электр токининг қувватини ўлчашда

$W = IV$

(1)

формуладан фойдаланамиз, бунда: W — токнинг қуввати; I — ток кучи; V — кучланиш.

Қувват миқдорини аниқлаш учун ток кучининг ва потенциаллар айирмасининг (кучланишнинг) қийматларини билишимиз керак. Биз бунда электр манбаидан олинаётган қувват миқдори биз ишлаётган асбобга тўла-тукис келади, деб фараз қиламиз. Амалда эса бундай бўлмайди. Электр қувватини олаётган истеъмолчига берилган токнинг потенциаллар айирмасини (кучланишини) ва ток кучи миқдорини ўлчаш учун вольтметр, амперметр ишлатамиз. Манбадан келаётган электр энергиянинг бир қисми (жуда оз қисми бўлса-да) бу асбоблардан ўтганда иссиқликка ёки магнит майдони ҳосил қилишга сарф бўлади; ўлчаш процессида эса бу «исроф» ҳисобга олинмай қолади. Мана шу вольтметр ва амперметрларга сарф бўлган энергия миқдорини ҳисоблай билиш экспериментчининг вазифасидир.

Махсус калориметр ёрдами билан сувнинг қайнаш температурасини аниқламоқчи бўлсак, ҳаво босимини эътиборга олишимиз зарур бўлади. Чунки сувнинг қайнаш температураси унинг юзига таъсир этаётган босимга боғлиқдир. Масалан, Самарқанд шаҳрида ҳавонинг ўртача босими 705 мм симоб устунининг баландлигига тенг. Лекин бу миқдор ўзгариб туради. Шу сабабли, аниқ тажриба вақтида ҳаво босимини мумкин қадар аниқ ўлчаб олмақ лозим,

шундагина сувининг қайнаш температурасини катта аниқлик билан белгиланига муваффақ бўлиш мумкин.

Тажриба вақтида шароитни (хатоларнинг 3-манбаи) имкони борича бир хилда сақлашга тиришмоғимиз лозим.

Шундай қилиб, хато манбаларини олдиндан урганиш тажриба вақтида ўлчанаётган миқдорнинг қийматини қай даражадаги аниқлик билан топишимиз мумкинлигини аниқлашга имкон беради. Бу ҳолда экспериментчи мумкин бўлмаган даражадаги аниқликни қидириб овора бўлишдан қутулади.

Физик тажрибаларда учрайдиган хатоларни уларнинг юз бериши жиҳатидан икки турга ажратиш мумкин.

I. Систематик хатолар.

II. Тасодикий хатолар.

I хил хатолар асбобларга, экспериментчининг текширишига ва тажриба бўлаётган шароитга боғлиқ хатолар бўлиб, бу — систематик хатоларни биз тажрибадан аввал ҳисоблаб қўя оламиз.

Масалан, бир муҳитнинг температурасини ўлчаш учун фойдаланидиган термометр тажриба бошлангунча бошқа муҳитда турган бўлса, бошда уша ўзи турган шароитга мос температурани кўрсатади, сўнгра, янги муҳит билан мувозанатга келгунча ўзгариб, ниҳоят, бу муҳит температурасини кўрсата бошлайди. Агар экспериментчи термометрнинг муҳит билан мувозанатга келишидан олдин термометрга қараб температурани белгиласа, хато қилган бўлади.

II хил хатолар — тасодикий хатолардир; булар қўтилмаган ҳолда тажриба шароити ёки экспериментчининг тасодикий янглишуви (масалан, асбобнинг кўрсатишини қарашда хато қилиши) каби илгаридан ҳисобга олиб бўлмайдиган сабаблар туфайли юз берадиган хатолардир.

Масалан, оғирлиги 100 г бўлган жисмни аналитик тарозидан унинг систематик хатоларини эътиборга олган ҳолда 0,2 мг гача аниқлик билан тортиш мумкин. Шунинг учун жисмнинг оғирлиги $100 \text{ г} \pm 0,2 \text{ мг}$ чегарасида бўлади. Бироқ экспериментчи бирон сабаб билан тарози паллаларининг мувозанатда туриш-турмаслигини яхши пайкамай қолиши ва тасодикий 0,3 мг хатога йўл қўйиши мумкин. Демак, жисм оғирлиги $100 \text{ г} \pm 0,5 \text{ мг}$ бўлади. Хато қатталиги $\pm 0,5 \text{ мг}$. Бундан: 0,2 мг систематик хато, 0,3 мг тасодикий хатодир.

Систематик хатоларни камайтириш ва ҳисобга олиш учун тажрибада ишлатиладиган асбобларни олдиндан текшириб қўйиш мумкин.

Тасодикий хатоларни олдиндан билиш, хусусан, уларнинг қатталикларини аниқлаш мумкин эмас. Тасодикий хатоларнинг ўлчаш натижасига таъсирини камайтириш учун бир миқдорнинг ўзини кўп марта ўлчаш керак. Демак, айти бир миқдорни қайта-қайта ўлчашимиз билан тасодикий хатоларнинг таъсирини минимумга олиб келиш мумкин бўлади. Қатталиги аниқланаётган миқдорни бир неча марта ўлчаб, унинг ўрта арифметик қийматини

топани. Масалан, барометр билан ҳаво босимини бир неча марта ўлчаганимизда қуйидаги натижалар олинган бўлсин:

$$\begin{array}{ll} H_1 = 706,34 & H_2 = 706,38 \\ H_2 = 706,32 & H_3 = 706,33 \\ H_3 = 706,36 & H_7 = 706,35 \\ H_4 = 706,30 & H_8 = 706,40. \end{array}$$

Буларнинг ҳаммасини қўшиб йиғиндини ўлчашлар сони (8) га бўлсак, урта арифметик қиймат келиб чиқади:

$$H = 706,3475.$$

Барометримизнинг ўлчаш аниқлиги 0,01 мм сим. уст. бўлганлигидан ўртача босимни $H_0 = 706,35$ мм сим. уст. деб оламиз.

Бу урта қиймат билан ҳар қайси ўлчаш натижаси орасидаги айирмалар, яъни абсолют хатолар қуйидагича бўлади.

$$\begin{array}{ll} H_1 - H_0 = \varepsilon_1 = -0,01; & H_5 - H_0 = \varepsilon_5 = +0,03; \\ H_2 - H_0 = \varepsilon_2 = -0,03; & H_6 - H_0 = \varepsilon_6 = -0,02; \\ H_3 - H_0 = \varepsilon_3 = +0,01; & H_7 - H_0 = \varepsilon_7 = 0; \\ H_4 - H_0 = \varepsilon_4 = -0,05; & H_8 - H_0 = \varepsilon_8 = +0,05. \end{array}$$

Ҳар қайси ўлчашга тегишли абсолют хатоларни (олдидаги ишораларидан қатъи назар) қўшиб, ўлчашлар сонига бўлсак, ўртача абсолют хато келиб чиқади, яъни:

$$\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5 + \varepsilon_6 + \varepsilon_7 + \varepsilon_8}{8} = \varepsilon_0 = \pm 0,03.$$

Демак, ўртача абсолют хато $\varepsilon_0 = +0,03$ бўлади. Шундай қилиб, босимнинг ўрта арифметик қийматини (706,35) ҳисоблашда 0,03 чамасида хато булар экан. Абсолют хато олдидаги + ишоралар хатони миқдорнинг ўртача қийматига қўшиш ёки ундан айириш кераклигини билдиради.

Лабораторияда ўтказиладиган тажрибаларнинг охириги натижаларини ҳисоблаганда донм айрим ўлчашларнинг ўртача абсолют ва ўртача нисбий хатосини топиш керак бўлади.

Биз ишлатган барометр ёрдамида ўтказган тажрибамизда босимнинг энг катта қиймати 706,40 мм сим. уст.; ўртача босим эса 706,35 мм сим. уст. бўлиб чиққан эди. Бу икки натижанинг айирмаси:

$$706,40 - 706,35 = 0,05.$$

Демак, ҳаво босимини шу барометр билан ўлчаганимизда энг катта абсолют хато 0,05 мм сим. уст. чамасида булар экан.

Юқорида келтирилган мисолни умумий шаклда ёзсак, ўртача босим миқдори:

$$\frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6 + \dots + H_n}{n} = H_0$$

ски

$$\frac{\sum H_i}{n} = H_u \quad (2)$$

Айрим ўлчашларнинг абсолют хатолари қуйидагича ифодаланади.

$$\begin{aligned} H_1 - H_0 &= \epsilon_1, \\ H_2 - H_0 &= \epsilon_2, \\ H_3 - H_0 &= \epsilon_3, \\ &\dots \dots \dots \\ H_n - H_0 &= \epsilon_n \end{aligned}$$

Ўртача абсолют хатонинг катталиги қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{|\epsilon_1| + |\epsilon_2| + \dots + |\epsilon_n|}{n} = \epsilon \quad (3)$$

Шуни ҳам айтиб ўтиш керакки, ўртача абсолют хато ўлчашлар натижасининг изланган ҳақиқий катталиқдан фарқ қилишини билдиради-ю, аммо унинг аниқлик даражасини етарли равишда очиқ кўрсата олмайди.

Айрим ўлчашларнинг абсолют хатолари квадратларини йиғиб, натижани $\sum \epsilon^2$ тарзида белгилаш мумкин. Бу ҳолда ҳар қайси якка ўлчашга нисбатан ўртача квадратик хатонинг катталиги:

$$\sigma^2 = \frac{\sum \epsilon^2}{n},$$

бундан эса

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum \epsilon^2}{n}} \quad (4)$$

Агар бирор миқдор 30 мартадан кам ўлчанган бўлса ($n < 30$), эҳтимоллар назарияси (4) формула махражидagi n урнига $n - 1$ ёзишни муносиб деб ҳисоблайди. Шу сабабли

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum \epsilon^2}{n-1}} \quad (5)$$

σ миқдор одатда стандарт четланиш деб аталади. Демак, (5) формула билан ифодаланган σ айрим ўлчашларнинг ўртача стандарт четланиши бўлади. Умуман n марта ўлчанган миқдор учун ўртача стандарт четланиш катталиги эҳтимоллар назариясида қуйидагича ифода қилинади:

$$m = \frac{\sigma}{1/n}$$

ски

$$m = \pm \frac{\sqrt{\frac{\sum \epsilon^2}{n-1}}}{\frac{1}{n}} = \pm \sqrt{\frac{\sum \epsilon^2}{n-1}} \quad (6)$$

Шунинг учун кўп марта такрорланган ўлчовлар миқдорининг ҳақиқий қийматини аниқроқ топиш учун уларнинг абсолют хатола-

ҳисоблашда эҳтимоллар назариясидан фойдаланилади. Бу ифоданинг аниқроқ қийматини топиш учун унг томони 0,6745 га кўпайтирилади. Бу $\pm 0,6745$ эҳтимоллар назариясида чиқарилади. Шунинг учун стандарт абсолют хатонинг узил-кесил формуласи қуйидагидан иборатдир:

$$m = \pm 0,6745 \sqrt{\frac{s^2}{n(n-1)}}, \quad (7)$$

бунда аниқ улчашлар абсолют хатолари квадратларининг йиғиндис:

$$e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_n^2 = \sum e_i^2$$

5-§. Абсолют ва нисбий хатоларни ҳисоблаш

Миқдорнинг ҳақиқий қиймати H билан шу миқдорни тажрибада ўлчаш натижасида олинган H_0 қийматининг айирмаси абсолют хато дейилади, яъни:

$$H - H_0 = \pm \Delta H$$

Тажриба якунини ҳисоблаб, изланган миқдорни аниқлашда ΔH абсолют хатони эмас, балки нисбий хатонинг катталигини билиш жуда муҳимдир.

Физик миқдорнинг ўртача абсолют хатоси (Δh_0) нинг шу миқдорнинг H_0 ўртача қийматига нисбати ўртача нисбий хато (N) дейилади:

$$N = \frac{\Delta h_0}{H_0}$$

Одатда ўртача нисбий хато процентлар билан ифодаланади:

$$N = \frac{\Delta h_0}{H_0} \cdot 100\%$$

Ўртача нисбий хатонинг катталиги тажриба натижасида миқдорнинг қиймати қандай аниқлик билан белгиланганлигини билдиради.

Масалан, 100 Г оғирликдаги жисмни аналитик тарозидида ўлчашда, ўртача абсолют хатонинг катталиги $\pm 0,5$ мГ (0,0005 Г) бўлсин. Бундан нисбий хатонинг катталиги:

$$N = \frac{0,0005}{100} \cdot 100\% = 0,0005\%$$

Бу нисбий хато жуда кичикдир ва, демак, миқдорни ўлчаш аниқлиги жуда каттадир.

Агар жисмнинг ҳақиқий оғирлиги фақат 1 Г ва ўртача абсолют хато эса бояғича 0,5 мГ бўлса, унда нисбий хато 100 марта катта бўлади:

$$\frac{0,0005}{1} \cdot 100\% = 0,05\%$$

Юқоридаги мисолларимизда нисбий хатоларнинг катталиклари ҳам оздир. Умуман оғирликларни ўлчашда ишлатиладиган аналитик тарозилар яхши такомиллашган сезгир асбоблардир; улар ўлчаш натижаларининг аниқлик даражаси анча катта бўлади.

Бир мисол: агар хонанинг температурасини $0,2^\circ$ аниқлик билан ўлчашга имкон берадиган симобли термометрни ишлатсак, бундаги нисбий хато юқорида тарози ёрдамида топилганига қараганда анча катта бўлади. Температурани ўлчашда нисбий хатони кичиратиш учун кейинги вақтларда (мумкин булган жойларда) термометрлар ишлатила бошлади.

Физикада бирон иш (тажриба) нинг натижасини топиш учун ўлчаш боғлиқ булган бошқа бир неча миқдорни алоҳида-алоҳида ўлчаш, сўнгра топилган маълумотлар устида турли ҳисоблашлар бажаришга тўғри келади:

Топилган миқдор икки миқдорни ўлчаш йўли билан топиладиган бўлса, бу айрим натижалар ёрдамида изланган (охирги) натижани ҳисоблаб топиш йўллари қуйида кўрсатилади:

1. Изланаётган миқдор Q алоҳида-алоҳида ўлчанган A ва B миқдорларнинг йиғиндиси бўлсин:

$$Q = A + B. \quad (1)$$

Изланган Q ни ҳисоблаганда у ΔQ қадар катта ёки кичик бўлади, чунки A ва B ни ўлчаганда ΔA ва ΔB ларнинг ишораси ҳар хил бўлиши ҳам мумкин:

$$Q \pm \Delta Q = (A \pm \Delta A) + (B \pm \Delta B). \quad (2)$$

Бу тенгликни очиб ёзамиз:

$$Q \pm \Delta Q = A + \Delta A + B \pm \Delta B. \quad (3)$$

(3) дан (1) ни айирганда

$$\pm \Delta Q = \Delta A + \Delta B \quad (4)$$

бўлади. (4) дан қуйидаги хулоса чиқади:

Изланаётган Q миқдорнинг абсолют хатоси қўшилувчи миқдорлар абсолют хатоларининг йиғиндисига тенг бўлади.

2. Изланаётган Q миқдор икки миқдор айирмасига тенг булган ҳолни, яъни:

$$Q = A - B \quad (5)$$

булган ҳолни текширайлик.

Буларни алоҳида ўлчаб, абсолют хатоларини қўшганда

$$Q \pm \Delta Q = (A + \Delta A) - (B + \Delta B). \quad (6)$$

(6) тенгликдан (5) тенгликни айирамиз:

$$\pm \Delta Q = \Delta A + \Delta B. \quad (7)$$

Демак, изланаётган миқдорнинг абсолют хатоси бир-биридан айрилувчи миқдорлар абсолют хатоларининг йиғиндисига тенг бўлади.

3. Изланаётган миқдор:

$$Q = AB,$$

яъни Q бошқа икки миқдор (A ва B) нинг купайтмасига тенг бўлсин.

Бу ҳолда:

$$Q + \Delta Q = (A + \Delta A) \cdot (B + \Delta B) = AB + A\Delta B + B\Delta A + \Delta A\Delta B \approx AB + A\Delta B + B\Delta A.$$

Бу натижадан $Q = AB$ ни ҳадлаб айирсак:

$$\Delta Q = A\Delta B + B\Delta A. \quad (8)$$

Демак, икки миқдорнинг купайтмасидан иборат миқдорнинг абсолют хатоси биринчи миқдорни иккинчи миқдор абсолют хатосига купайтириш натижаси билан иккинчи миқдорни биринчи миқдор абсолют хатосига купайтириш натижасининг йиғиндисига тенг бўлади.

4. Изланган миқдор:

$$Q = \frac{A}{B}. \quad (9)$$

яъни Q бошқа икки миқдор (A ва B) нинг бўлинимасига тенг бўлсин, бу ҳолда:

$$\begin{aligned} Q + \Delta Q &= \frac{A + \Delta A}{B + \Delta B} = \frac{A(1 + \frac{\Delta A}{A})}{B(1 + \frac{\Delta B}{B})} \\ &= \frac{A}{B} \frac{1 + \frac{\Delta A}{A}}{1 + \frac{\Delta B}{B}} = \frac{A}{B} \left(1 + \frac{\Delta A}{A} - \frac{\Delta B}{B}\right) \end{aligned}$$

ёки

$$Q + \Delta Q = \frac{A}{B} \left(1 + \frac{\Delta A}{A} - \frac{\Delta B}{B}\right) = \frac{A}{B} + \frac{A}{B} \frac{\Delta A}{A} - \frac{A}{B} \frac{\Delta B}{B}. \quad (10)$$

(10) дан (9) ни айирмиз:

$$\Delta Q = \frac{A}{B} \left(\frac{\Delta A}{A} - \frac{\Delta B}{B}\right) = \frac{A\Delta A}{B} - \frac{A\Delta B}{B^2}. \quad (11)$$

Демак, изланган миқдор бошқа икки миқдорнинг бўлинимасига тенг бўлса, унинг абсолют хатоси биринчи миқдорни иккинчи миқдор абсолют хатосига купайтириш натижаси билан иккинчи миқдорни биринчи миқдор абсолют хатосига купайтириш натижасининг йиғиндисини иккинчи миқдор квадратида бўлиш натижасига тенг.

Юқорида биз изланган миқдорнинг абсолют хатосини арифметик турт амал ёрдамида чиқариш йулини кўрсатдик.

Энди нисбий хатоларни ҳисоблашнинг бир йўли билан ҳам таъинлайлик.

Бу усулни англаш учун умумий кўринишдаги икки аргументли функциянинг функционал тенгламасини оламиз:

$$Q = f(\mu, \nu), \quad (12)$$

яъни Q миқдор μ ва ν миқдорларга функционал боғланган деб қараймиз, демак, бунда μ, ν — эркин ўзгарувчи миқдорлар (аргументлар), Q эса бу икки аргументнинг функцияси бўлади.

Q ни аниқлашдаги ΔQ абсолют хато μ ва ν ни ўлчаганда ҳосил бўладиган $\Delta\mu, \Delta\nu$ абсолют хатолардан келиб чиқади. $\Delta\mu$ ва $\Delta\nu$ хатолар ўлчанадиган асосий Q миқдорга қараганда жуда кичикки, уларни дифференциал деб олсак, яъни $\Delta\mu = d\mu, \Delta\nu = d\nu$ деб ёзсак бўлади. Демак, ΔQ ни ҳам dQ деб ёзамиз. Энди (12) тенгламани дифференциаллаймиз:

$$dQ = f_{\mu}(\mu, \nu) d\mu + f_{\nu}(\mu, \nu) d\nu. \quad (13)$$

Бунда $f_{\mu}(\mu, \nu)$ функция $f(\mu, \nu)$ нинг μ бўйича хусусий ҳосиласи: $f_{\nu}(\mu, \nu)$ эса ν ўзгарувчи бўйича олинган хусусий ҳосила, $f(\mu, \nu)$ функциянинг тулиқ дифференциалини функциянинг ўзига бўламиз:

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{f_{\mu}(\mu, \nu)}{f(\mu, \nu)} d\mu + \frac{f_{\nu}(\mu, \nu)}{f(\mu, \nu)} d\nu. \quad (14)$$

Тенгламанинг чап томони Q миқдорининг нисбий хатосини ифодалайди. Иккинчи томондан (14) ифоданинг чап томонидаги $\frac{dQ}{Q} = d(\ln Q)$. Бу ҳолда (14) формула қуйидагича ёзилади:

$$d \ln Q = d \ln f(\mu, \nu). \quad (15)$$

Демак, Q ни ўлчашдаги нисбий хато катталигини топиш учун бу ифоданинг натурал логарифмини олиб, сўнгра уни ундаги ўзгарувчан миқдорлар бўйича дифференциаллаш керак.

Шу хулосани амалда татбиқ қилиб курамиз.

1. Агар Q икки миқдорнинг йиғиндисидан иборат, яъни

$$Q = A + B \quad (16)$$

болса, (16) нинг иккала томонини логарифмлаймиз:

$$\ln Q = \ln(A + B).$$

Бундан биринчи хусусий ҳосила оламиз:

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{d(A + B)}{A + B} = \frac{dA + dB}{A + B}. \quad (17)$$

dA, dB дифференциалларни $\Delta A, \Delta B$ аргумент орттирмалари билан алмаштирсак, (17) формула қуйидагича ёзилади:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta A + \Delta B}{A + B}. \quad (18)$$

Агар ўлчанувчи A билан B нинг қийматлари бир-бирига яқин бўлса, нисбий хато жуда катта бўлади. Шунинг учун икки сон айирмасидан иборат миқдорни ўлчаганда A ва B ни катта аниқлик билан ўлчаш керак бўлади.

2. Изланаётган Q миқдор A, B, C, I миқдорлар билан қуйидагича боғланган бўлсин:

$$Q = \gamma \frac{A^n B^m}{C^k I^d} \quad (19)$$

Бунда Q нинг нисбий хатоси қуйидагича топилади:

$$\ln Q = \ln \gamma + n \ln A + m \ln B - k \ln C - d \ln I.$$

Тенгламани дифференциаллашда n, m, k, d ва γ сонлари бизга маълум ҳисобланади. Тажрибада A, B, C ва I миқдорларни ўлчаганда уларнинг нисбий хатолари:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = n \frac{\Delta A}{A} + m \frac{\Delta B}{B} - k \frac{\Delta C}{C} - d \frac{\Delta I}{I}$$

бўлади. Агар айрим нисбий хатоларнинг ҳаммасини мусбат деб олсак:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = n \frac{\Delta A}{A} + m \frac{\Delta B}{B} + k \frac{\Delta C}{C} + d \frac{\Delta I}{I} \quad (20)$$

ёки, чекли сонларга ўтганда:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = n \frac{\Delta A}{A} + m \frac{\Delta B}{B} + k \frac{\Delta C}{C} + d \frac{\Delta I}{I} \quad (21)$$

(19) ифодадаги миқдорларнинг нисбий хатосини (21) формула ёрдамида топиш мумкин.

3. Изланаётган Q миқдор биттагина A миқдор билан функционал боғлиқ, яъни

$$Q = A^\beta \quad (22)$$

ё ҳам тажрибадан ўлчишиб олинadиган миқдор. Энди (22) ни логарифмлаймиз.

$$\ln Q = \beta \ln A \text{ ва уни дифференциаллаймиз: } \frac{\Delta Q}{Q} = \ln A d\beta + \beta \frac{\Delta A}{A}.$$

Q нинг нисбий хатосини ҳисоблаш учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \ln A d\beta + \beta \frac{\Delta A}{A} \quad (23)$$

4. Изланаётган Q миқдор ўлчаб топиладиган A миқдор билан

$$Q = \gamma A^\alpha \quad (24)$$

шаклда ифодаланган бўлсин. Бунинг логарифмини олиб, уни дифференциаллаймиз:

$$\ln Q = \ln \gamma + \alpha \ln A$$

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta A}{A}. \quad (25)$$

5. Илланаётган Q миқдор ўлчаб топиладиган A миқдор билан натурал логарифм орқали $Q = \ln A$ шаклида боғланган бўлсин. Бу теңликни логарифмлаймиз:

$$\ln Q = \ln (\ln A). \quad (26)$$

Энди буни дифференциаллаймиз:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta A}{A \ln A}$$

ёки

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta A}{A \ln A}. \quad (27)$$

(27) теңламага қараб нисбий хато катталиги ҳисобланади.

6. Илланаётган Q миқдор ўлчаб топиладиган миқдорга тригонометрик функция орқали

$$Q = \sin A \quad (28)$$

шаклида боғлиқ бўлсин. Бу теңгликни логарифмлаймиз: $\ln Q = \ln \sin A$. Энди нисбий хатони топамиз:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \Delta A \cdot \operatorname{ctg} A. \quad (29)$$

Q миқдорни ўлчашдаги нисбий хато катталиги (29) формула ёрдами билан ҳисоблаб топилади.

6-§. Баъзи бир физик формулалар учун нисбий хатоларни ҳисоблаш

Физик ҳодисаларни ифодаловчи баъзи бир формулаларга кирган бирим миқдорларни ўлчашда юз берадиган нисбий хатоларни ҳисоблаш йўлини кўриб ўтаем.

1. Маълумки, суюқликларнинг ички ишқаланиш коэффициентини η

$$\eta = \frac{h\nu}{4\pi} \quad (1)$$

Пуазейль формуласи билан ифодаланади, бундаги h ва ν ўзгармас миқдорлар нисбий хатони ҳисоблашда эътиборга олинмайди ва бирим нисбий хатолар бир хил (+) ишорали қилиб олинади,

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{\Delta h}{h} + 4 \frac{\Delta \nu}{\nu} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta t}{t} \quad (2)$$

Энди буни қуйидагича ёза оламиз:

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{\Delta h}{h} + 4 \frac{\Delta \nu}{\nu} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta t}{t} \quad (3)$$

Ковушқоқлик коэффициентини аниқлашдаги нисбий хато (3) формула билан топилади.

Икки ишқаланиш коэффициентини аниқлаш тажрибасида куйидаги миқдорлар ўлчаниб, уларнинг уртача қиймати ва абсолют хатолари тубандагича булган деб фараз қилайлик:

$$h = 30 \text{ см}; \quad \Delta h = \pm 0,2 \text{ мм};$$

$$r = 2 \text{ мм}; \quad \Delta r = \pm 0,1 \text{ мм};$$

$$t = 30 \text{ сек}; \quad \Delta t = \pm 0,1 \text{ сек};$$

$$v = 5 \text{ см}^3; \quad \Delta v = \pm 1 \text{ см}^3;$$

$$l = 15 \text{ см}; \quad \Delta l = \pm 0,1 \text{ мм}.$$

Бу қийматларни (3) формулага қўямиз:

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \frac{2}{3000} + 4 \frac{1}{20} + \frac{1}{300} + \frac{1}{5000} + \frac{1}{1500} = 6 \cdot 10^{-4} + 0,2 + 0,003 + 2 \cdot 10^{-4} + 6 \cdot 10^{-4} = 0,2044.$$

Демак, нисбий хато:

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} \cdot 100\% = 20,44\%.$$

Бу мисолда миқдорларни (3) формулага асосланиб ҳисоблашда энг катта хато найча радиуси ва вақтни ўлчашда чиқади. Шу сабабли найча радиусини ва вақтни ўлчаш натижаларини минимал хато билан топиш чораларини куриш керак булади.

Мисолдаги бу икки миқдордан (радиус ва вақт) бошқа миқдорларни ўлчаш хатолари кичик булганлигидан ўлчаш натижасига сезиларли таъсир қилмайди десак булади.

2. Математик маятник ёрдамида оғирлик кучининг тезлаишини қуйидаги формулага асосан ҳисоблаймиз:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

бундан

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

энди, бу ифодани логарифмлаймиз:

$$\ln g = \ln 4 + 2 \ln \pi + \ln l - 2 \ln T.$$

Бундаги 4 ва π — бу ифода учун узгармас сонлар. Шунинг учун улар нисбий хато тенгламасига қирмайди. Ҳақларнинг ҳаммасини мусбат қилиб олсак:

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta l}{l} + 2 \frac{\Delta T}{T}. \quad (4)$$

Буни олдинги мисолларимиздаги мулоҳазаларга асосан алмаштирсак, изланган нисбий хато:

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta l}{l} + 2 \frac{\Delta T}{T}. \quad (5)$$

Агар физик қонунни ифодаловчи формулада ўлчаниладиган бир миқдор такрорланса, бундай миқдорларнинг нисбий хатоларини тегишли анча мураккаблашадди.

Мисол. Тегишли асбоблар воситасида тажриба ўтказиб, газлар иссиқлик сифимларининг нисбати қуйидаги формуладан топилади:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (5)$$

Бунда h_1, h_2 — газ босимлари манометр билан аниқланади. (6) формулада h_1 такрорланади (яъни бу ҳолда махражга ҳам киради). Иссиқлик сифимларининг нисбатига тенг γ коэффициентни аниқлашда чиқадиган нисбий хато нимага тенг?

(6) формуладан γ нинг қийматини аниқлаш учун h_1 ва h_2 миқдорларни ўлчаш лозимлигини кўрамыз. Албатта, h_1 ва h_2 ни ўлчашда хато чиқади. (6) формулани умумий кўринишда қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} = f(h_1, h_2).$$

Бунинг тўлиқ дифференциални оламиз:

$$d\gamma = \frac{\partial \gamma}{\partial h_1} dh_1 + \frac{\partial \gamma}{\partial h_2} dh_2$$

ёки

$$d\gamma = \frac{(h_1 - h_2) dh_1 - h_1 dh_1}{(h_1 - h_2)^2} + \frac{h_1 dh_2}{(h_1 - h_2)^2} = \frac{h_1 dh_2 - h_2 dh_1}{(h_1 - h_2)^2} \quad (7)$$

Бунда (7) нинг (6) га нисбатини оламиз:

$$\frac{d\gamma}{\gamma} = \frac{h_1 dh_2 - h_2 dh_1}{h_1 (h_1 - h_2)} \quad (8)$$

Бунда ҳам суратдаги минус ишорасини плюс қилсак, тегишли алмаштиришлардан кейин изланган нисбий хато учун қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\frac{d\gamma}{\gamma} = \frac{h_1 dh_2 + h_2 dh_1}{h_1 (h_1 - h_2)}$$

ёки чекли орттирмаларга ўтсак,

$$\frac{[\Delta \gamma]}{\gamma} = \frac{h_1 \Delta h_2 + h_2 \Delta h_1}{h_1 (h_1 - h_2)} \quad (9)$$

Лабораторияда ва айрим ҳолларда далада ҳам физик тажрибалар ёрдамида катталиги аниқланадиган миқдорларнинг кутиладиган нисбий хатоларини тажрибадан олдиноқ тахминий ҳисоблаб олиш фойдалидир. Мисол учун, тубандаги физик ифоданинг нисбий хатосини тажрибадан олдин ҳисоблаб кўрайлик.

Калориметрда аралаштириш методи билан жисмнинг солиштира иссиқлик сифимини ҳисоблаш учун калориметрнинг ўзи олган иссиқлигини эътиборга олмаганда қуйидаги ифода ишлатилади:

$$c = \frac{m_2(c_2\theta_2 - t_2)}{m_1(\theta - t_2)}$$

c — жисмнинг солиштирма иссиқлик сифими, m_1 — калориметрга қуйилган сув массаси, c_1 — сувнинг солиштирма иссиқлик сифими (тажриба қилинадиган температура интервали учун), t_1 — калориметрга иситилган жисмни солгандан кейин мувозанатлашган температура, t_0 — сувнинг аввалги температураси, t — жисмнинг сувга солинганга қадар бўлган температураси, m — жисмнинг массаси.

Бу формуланинг ўнг томонидаги ҳамма миқдорлар (дан бошқаси) тажрибада ўлчаб топилади. Ўлчаб топиладиган ҳар бир миқдорнинг хатоси солиштирма иссиқлик сифимини аниқлашга қанчалик таъсир этишини текширайлик. Бу мақсадда юқоридаги ифодани логарифмлаймиз:

$$\ln c = \ln \frac{m}{m_1} + \ln(t_1 - t_0) - \ln(t - t_0) \quad (10)$$

Энди ўзгарувчан миқдорларни навбат билан дифференциаллаймиз. Ўнг аввал c ни ўлчашдан қутилган нисбий хатога ҳисоблаб чиқарамиз. Юқоридаги ифодада t ва c дан бошқа миқдорларни ўзгармас деб дифференциаллаймиз:

$$\frac{dc}{c} = \frac{dt}{t - t_0}$$

ёки

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta t}{t - t_0} \quad (11)$$

Агар биз c ни аниқлашдаги аниқлик (яъни нисбий хато) 0,1% дан ортмаслиги керак деган талабни қўйсак ва $t - t_0 \approx 50^\circ$ бўлса, бу қийматларни (11) га қўйиб, t ни ўлчашда қандай аниқлик кераклигини биламиз:

$$\frac{0,1}{100} = \frac{\Delta t}{50}$$

бундан

$$\Delta t = \frac{5}{100} = 0,05^\circ.$$

Демак, температурани ўлчаш аниқлиги $0,05^\circ$ чамасида бўлиши керак экан. Температура $0,1^\circ$ аниқлик билан ўлчанган бўлса, солиштирма иссиқлик сифимини белгилашда нисбий хато катталиги қуйидагича бўлади:

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{0,1}{50} = 0,002 = 0,2\%.$$

Энди t_1 ни ўлчашда чиқадиган нисбий хато катталигини аниқлаймиз.

Юқоридагидек, t_1 ва c дан бошқа миқдорларни ўзгармас деб ҳисоблаб, (10) ифодани дифференциаллаймиз:

$$\frac{dt_1}{t_1} = \frac{dt}{t - t_1}$$

ёки, чекли орттирмаларга ўтсак,

$$\frac{\Delta t_1}{t_1} = \frac{\Delta t}{t - t_1}$$

Агар биз c ни аниқлашдаги аниқлик 0,1% бўлиши керак десак ва $t_2 - t_1 = 10^\circ$ бўлса, Δt_1 ни ўлчашда қандай аниқлик кераклигини биламиз:

$$\frac{0,1}{100} = \frac{\Delta t_2}{10}$$

ёки

$$\Delta t_2 = \frac{1}{100} = 0,01^\circ.$$

яъни t_1 температура 0,01° гача аниқлик билан ўлчаниши керак.

Энди t_2 температурани ўлчашдаги нисбий хатони ҳисоблаймиз. Унинг учун ҳам юқоридаги каби шарт қилиб, (10) ифодани дифференциаллаймиз:

$$\frac{dc}{c} = \frac{dt_2}{t_2 - t_1} + \frac{dt_1}{t_1 - t_0}.$$

Чекли орттирмаларга ўтсак,

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta t_2}{t_2 - t_1} + \frac{\Delta t_1}{t_1 - t_0}.$$

Агар $t_2 - t_1 = 10^\circ$; $t_1 - t_0 = 50^\circ$ ва c ни топиш аниқлиги 0,1% бўлсин десак,

$$\frac{0,1}{100} = \Delta t_2 \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{50} \right) = \frac{6}{50} \Delta t_2.$$

Демак, $\Delta t_2 = \frac{1}{100} = 0,008$, яъни t_2 температура 0,008° аниқлик билан ўлчанмоғи лозим булар экан (албатта, агар термометр ёки термопара бунга йўл қўйса!).

Энди сув массаси m ни ўлчаганда буладиган нисбий хатони топайлик. Аввалгидек, (10) ифодани дифференциаллаймиз:

$$\frac{dc}{c} = \frac{dm}{m}.$$

ёки

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta m}{m}.$$

c ни аниқлашда, унинг аниқлиги яна 0,1% бўлсин десак ва $m_1 = 100$ г бўлса,

$$\frac{0,1}{100} = \frac{\Delta m}{100},$$

яъни m_1 масса 0,1 г гача аниқлик билан ўлчаниши керак.

Жисм массаси m ни ўлчашда буладиган нисбий хато катталигини ҳисоблаб курамиз; илгаригидек, яна (10) ифодани дифференциаллаймиз:

$$\frac{dc}{c} = \frac{dm}{m}.$$

Чекли орттирмаларга ўтсак,

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta m}{m}.$$

Соллштирма иссиқлик сифми 0,1% аниқлик билан улчаниши лозим бўлса ва $m = 50$ г бўлганда,

$$\frac{0,1}{100} = \frac{\Delta m}{50}$$

ёки

$$\Delta m = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ г},$$

демак, m масса 0,05 г аниқлик билан улчаниши лозим.

Кутилган нисбий хато катталигини олдиндан ҳисоблаш катта аҳамиятга эгадир. Бу иш натижасида экспериментчи тажриба вақтида улчанувчи миқдорлардан қайсисига катта эътибор бериб улчаш кераклигини олдиндан билиш имконига эга бўлади.

Абсолют ва нисбий хато катталикларини ҳисоблашда тажриба қилишда ишлатиладиган асбобларнинг улчаш аниқлигини олдиндан билиб олиш зарур. Сунгра ҳар бир айрим улчашда чиқадиган абсолют ва нисбий хато катталиклари аниқланади.

Физик формулалар маълум бир физик ҳодисани ва бу ҳодисада иштирок этувчи компонентлар — улчанадиган миқдорларнинг ўзаро боғланишларини кўрсатади. Демак, формуладан кутилган натижанинг нисбий хатосига улчанадиган айрим миқдорларнинг нақадар таъсир қила олишлигини ҳам билиб бўлади.

7-§. Тажриба натижасини график билан тасвирлаш

Физик ҳодисани (масалан, тажриба орқали) урганишда маълум бир миқдорнинг қийматлари иккинчи бир миқдорнинг қийматларига муайян бир қонуният асосида таъсир этишини, яъни физик ҳодисада катнашувчи бу икки миқдор орасидаги боғланишни аниқлаймиз. Бундай икки миқдор орасидаги боғланишни график кўринишида тасвирлаш ҳам мумкин. Бундай график тажрибанинг боришини, унинг натижаларини осон тушунишга ва чуқур урганишга имкон беради. Миқдорларнинг бир-бирига боғлиқ ҳолда ўзгаришини тасвирловчи графикка қараб миқдорларнинг тўғри ёки нотўғри улчанганини айтиш мумкин. Бундан ташқари, чизилган графикка асосланиб амалда улчанилмаган иккинчи миқдорнинг қийматини ҳисоблаб топиш мумкин бўлади. Масалан, ўзгармас температурада газнинг босими билан ҳажмининг ўзаро миқдорий боғланиши қуйидагича бўлади:

$$pV = \text{const} \quad (\text{Бойль-Мариотт қонуни}).$$

Фараз қилайлик, биз тегишли равишда тажриба ўтказиб газ босимини бир неча марта қайта-қайта ўзгартирсак, унинг ҳажми ҳам шунча марта ўзгариб, мос ҳолда қуйидаги жадвалдагича турли қийматларга эга бўлсин:

Энди, биз мана шу икки физик миқдорнинг боғланишини тас-

пирловчи графикни чизамиз. Бунинг учун туғри бурчакли Декарт координаталари системасини миллиметрли қогозга чизамиз, унинг горизонтал (OX) уқида V ҳажмин, вертикал (OY) уқида эса p босимни белгилаймиз. Албатта, графикни чизишдан аввал унинг қандай масштаб билан олиншини аниқламоқ зарур.

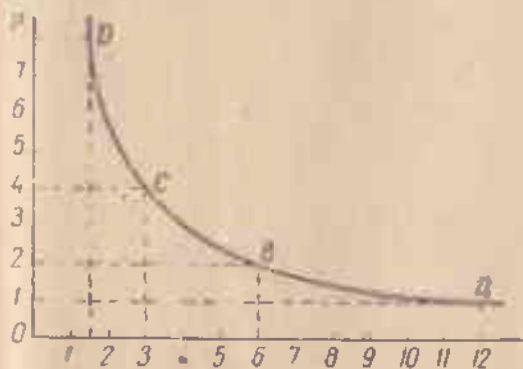
Одатда ҳар қандай график учун катталиги $20\text{ см} \times 25\text{ см}$ бўлган миллиметрли қогоз формати кифоя қилади. График чизишда қуйидагиларни эсда тутиниш керак бўлади: OX ва OY уқида белгиланган қийматларнинг ҳар қайси хилига бошқа-бошқа масштаб олиниш мумкин, бу мазмунига эмас, балки ташқи куринишигагина таъсир этади, ҳолос, графикнинг турли нуқталарини белгилашни осонлаштиради. Масштабни жуда катта ёки жуда кичик қилиб олинишнинг енгиллатмайди. Шу сабабли масштаб катталигини ўртача қилиб олиниш керак.

Юқорида олган мисолимиз учун график чизамиз:

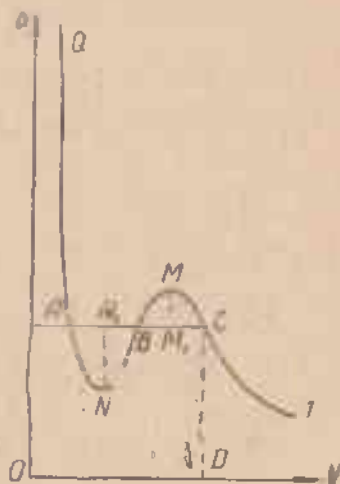
V ва p ўқларда (1-расм) ихтиёрий масштаб билан бир-бирига тенг кесмалар белгилаб чиқамиз. Сунгра текисликда, масалан $A(12; 1)$, $B(6; 2)$, $C(3; 4)$, ..., $D(1,5; 8)$, ... ва ҳоказо нуқталарни топамиз. Энди бу нуқталарни (одатда лекало ёрдамида) силлиқ эри чизиқ билан туташтирсак, график (изотерма) ҳосил бўлади.

Тажриба натижасида олинган маълумотларга асосланиб график чизганда, у бошдан-оёқ бир текис булиб чиқмаслиги, масалан, айрим жойларда графикнинг шакли тулқинсимон булиши мумкин, демак, бу ҳолда тажриба давомида физик миқдорларни улчашда нотўғри қийматлар топилган ёки процесс бир хилда бормай, қандайдир янги сифат ўзгаришлар юз берган бўлади. Мисол учун жисмларнинг агрегат ҳолатини тасвирловчи

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$



1-расм.



2-расм.

Ван-дер-ваальс тенгламасининг графигини кўздан кечирайлик (2-расм). Бу эгри чизик нима учун бутун давомида силлиқ бўлиб кетмасдан, уртаси тўлқинсимон бўлган?

Маълумки, графикнинг QA қисми жисмининг суюқ ҳолатини кўрсатади. Суюқликнинг босими аста-секин камайиб, A нуқтадан утгандан сунг у, AN қисмида кам тургун ва NBM қисмида эса бутунлай тургунмас ҳолатга ўтади. Ниҳоят, графикнинг MC қисми ўта тўйинган бўғ, CT қисми эса суюқликнинг газга айланган ҳолатини кўрсатади. Демак, график уртасининг тўлқинсимон бўлиши физик процесснинг ўзгариб, янги сифатга кўчаётганлигини билдирар экан.

Агар физик процессда янги физик сифат пайдо бўлмаган ҳолда график силлиқ бўлмаса, микдорлар нотўғри ўлчанган бўлади.

Борди-ю, тажриба процессида ўлчашлардан топилган маълумотлар асосида координаталар системасида тегишли нуқталар топилиб, графикни чизиш иши ҳам жуда пухталиқ билан бажарилган, аммо график бу тажрибага доир илгаридан маълум (албатта, тўғри ва ўша масштабда чизилган) графикдан катта фарқ қиладиган бўлиб қолса, тажриба натижаларини ҳисоблашда хатога йўл қўйилганлиги турган гап ва тажрибани қайта бажариш керак бўлади.

Шуни ҳам таъкидлаб ўтиш керакки, тажриба вақтида ўтказилган ўлчашларнинг тўғри бажарилганлигига қарамай, шу тажрибага доир графикнинг узини қалин қилиб чизилса, анча қупол хатоларга йўл қўйилиши мумкин, чунки бу ҳолда графикка қараб бирор нуқтанинг қийматини ноилж каттароқ ёки кичикроқ қилиб олган бўласиз: бинобарин, график нақадар ингичка чизилса (албатта, тажрибада ўлчашлар тегишли аниқлик билан бажарилган, график нуқталари тўғри белгиланиб чизилган тақдирда) графикка қараб, унинг нуқталарига тегишли қийматларни тўғри топиш мумкин бўлади.

Масалан, p , босимни манометр билан ўлчаганимизда, доимо Δp_1 микдорида абсолют хато чиқади. Шунинг каби, V_1 ҳажминини ўлчашда ҳам ΔV_1 абсолют хато пайдо бўлади.

Демак, эгри чизик координаталар системасида p_1 ва V_1 қийматлари учрашган нуқта орқали ўтадиган бўлса, амалий ўлчаш натижасида $p_1 \pm \Delta p_1$, $V_1 \pm \Delta V_1$ ифодалар қийматлари орқали ҳам ўтиши керак бўлади, яъни эгри чизик бир нуқта орқали эмас, балки кичкина тўрт бурчакли шаклни ўз ичига олиши керак (3-расм).

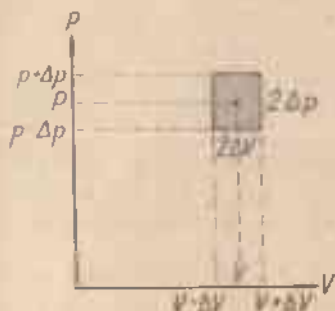
Бу ҳолни график равишида ифодалаймиз:

p — V координаталар системасига тажрибадан топилган p_1 ва V_1 қийматларни қўйиб, иккаласининг учрашган жойини топамиз. Маълумки, p_1 ни ўлчашда Δp_1 абсолют хато чиқади, яъни $p_1 \pm \Delta p_1$. Шунингдек V_1 ни ўлчашда ΔV_1 абсолют хато чиқади, яъни $V_1 \pm \Delta V_1$ бўлади.

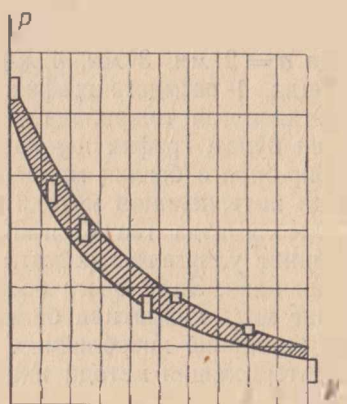
Буларнинг координата ўқларидаги қийматларини қўйсақ, томонлари $2\Delta V_1$ ва $2\Delta p_1$ катталиқдаги тўғри тўртбурчак ҳосил бўлади (3-расм).

p_1, V_1 каби p_2, V_2, p_3, V_3 ва ҳақазо қийматларни координаталар системасига қўйсак, нуқталар урнига томонлари $2\Delta V_2$ ва $2\Delta p_2$, $2\Delta V_3$ ва $2\Delta p_3$ ва ҳақазо тўртбурчаклар ҳосил бўлади.

Чизиладиган график мана шу кичик тўртбурчакларни уз ичига олиши керак. Демак, график ингичка бўлмасдан, балки сербар, бўлиб чиқади.



3- расм.



4- расм

Ўлчашда чиқадиган абсолют хато катталикларига қараб графикни қандай масштаб билан чизиш кераклиги учун қоида келиб чиқади. Графикдаги нуқталар кичик квадрат юзлардан иборат бўлади. Уларнинг томонлари $2\Delta x$ ва $2\Delta y$ бўлиб, юзи $2\Delta x \cdot 2\Delta y = 4\Delta x \cdot \Delta y$ бўлади.

Бойль—Мариотт қонунининг юқорида кўриб утилган изотерма-сини чизиш учун масштаб аниқлаймиз.

Ўсимни ўлчашда абсолют хато $\Delta p = \pm 0,01 \text{ ат}$ ва ҳажмни ўлчашда абсолют хато $\Delta V = \pm 0,01 \text{ л}$ бўлсин, деб фараз қилайлик. Агар эгри чизиқнинг тажриба асосида аниқланувчи нуқталарининг томонлари 2 мм деб олинса:

$$2\Delta p M_p = 2 \text{ мм},$$

масштаб катталиги

$$M_p = \frac{2}{2 \cdot 0,01} = 100 \frac{\text{мм}}{\text{ат}}.$$

Шунингдек,

$$2\Delta V M_V = 2 \text{ мм},$$

$$M_V = \frac{2}{2 \cdot 0,01} = 100 \frac{\text{мм}}{\text{л}}.$$

Демак, масштабни ординаталар ўқида ҳар бир атмосфера босим учун $100 \text{ мм} = 10 \text{ см}$ ва абсциссалар ўқида ҳажмнинг ҳар литрига 10 см тўғри келадиган қилиб олиш керак.

Тажрибада аниқланган нуқта томонлари 2 мм , 3 мм ва 4 мм дан ортиқ бўлмаслиги керак, ammo нуқта квадрат бўлиши зарур.

$$2\Delta x M_1 = 2\Delta y M_2 = a,$$

бунда $a = 2 \text{ мм}$, 3 мм , 4 мм , M_1 , M_2 — масштаб катталиги.

Энди, 1-расмдаги график 4-расмдаги каби кўринишда бўлади.

Ўтказилган тажрибада миқдорлар нақадар яхши сифатли ўлчанган бўлса, график шу қадар ингичка бўлиб чиқади.

Бир-бирига боғлиқ миқдорларнинг турли қийматларини ҳисоблашда интерполяция методи кўп қўлланилади. Масалан, юқоридаги мисолимизда газ босимининг қийматлари $p = 1; 2; 4; 8$ ва V ҳажмнинг уларга мос қийматларини тажрибада тоғнамиз деб фараз қилган эдик. Энди бизга босимнинг қиймати $p = 6,5 \text{ ат}$ бўлганда V нинг мос қийматини билиш зарур бўлса, интерполяция методига асосланиб ҳисоблаймиз.

Интерполяция методи икки хил бўлиб, биринчиси график метод билан, иккинчиси эса махсус интерполяциялаш формулалари ёрдамида бажарилади. Биринчи хил интерполяциялаш содда ва осон (буни юқорида айтиб ўтдик), ammo бу ҳолда ҳисоблаш натижасининг аниқлиги кичикдир.

Бунинг учун тажрибада олинган маълумотларга қараб график чизилади. Шу чизилган графикдан фойдаланиб, $p = 6,5 \text{ ат}$ қийматга мос V ҳажм қиймати топилади.

8-§. Экспериментчиға баъзи маслаҳатлар

Лабораторияларда тажриба ўтказиб, бирон физик миқдорни ўлчаш учун ҳар хил асбоблардан фойдаланишга тўғри келади. Экспериментчи аввало ўз олдига қўйган масалани аниқ, равшан тушуниб олоғи лозим. Бунинг учун текшириладиган ҳодисага доир масалани ўқиши ва уни яхши англаб олиши керак. Сунгра масалани тажрибада ҳал этиш учун нима кераклигини ва қандай шароит бўлиш кераклигини, ишни нимадан бошлаш йўллари аниқлаши керак. Тажрибани бажариш учун ишлатиладиган асбобларнинг тузилиши, ўлчаш методи ва ўлчашнинг аниқлик даражаларини тула аниқлаб олиши зарур. Акс ҳолда экспериментчи тажрибадан кутилган натижани ола олмаслиги турган гап.

Айрим физик тажрибаларни ўтказиш учун зарур асбобларни ишга сола билиш (асбобнинг айрим қисмларини тўғри йиғиш, асбобни тўғри урнатиш ва к.) катта аҳамиятга эга бўлади. Масалан, оптик (ёруғлик) ва электромагнит ҳодисаларга доир маса-

малар устида тажриба утказишда экспериментчи учун энг қийин масала асбобларни ишга тайёрлаш ва ростлаб ўрнатишдир, бу ишлар тегишлича бажарилса, улчаш анча осон бўлиб қолади.

Лабораторияда утказиладиган ҳамма улчаш натижаларини албатта, уз вақтида маълум бир тартиб билан тажриба журнаliga жадвал сифатида ёзиш лозим.

Ҳар бир тажрибага доир иш ҳамма маълумотларни тегишли тажрибада ишлаб (ҳисоблаб) чиқилгандан кейин, унинг узил-кесил натижасини махсус жадвал (схема), график тарзида тахт қилиб, раҳбарга ҳисобот бериш билан тамомланади.

МЕХАНИКА ВА МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА

1- иш. Узунликни улчайдиган асосий асбоблар билан танишиш

Жисмларнинг чизиқли ўлчамларини ўлчаш учун масштаб ва нониус ишлатилади. Чизиқли ва доиравий масштаб билан ўлчаш аниқлигини 10—20 марта оширишга имкон берадиган қўшимча шкала нониус деб аталади. Нониуслар икки хил бўлади: чизиқли нониус ва доиравий нониус. Аммо булар бир-биридан принцип жиҳатидан фарқ қилмайди. Ҳозирги замон техникаси, масалан, узунликни бир микронгача (яъни $\mu = 10^{-4}$ см гача) аниқлик билан бевосита ўлчашга имкон берадиган ва компараторлар деб аталадиган ўлчов асбобларига эгадир. Бу асбобларда микроскоп ва бошқа оптик системалар ишлатилади. Ўз навбатида бу асбобларга ҳам нониус қўшимча қилинадики, бундаги ўлчаш аниқлиги янада юқори бўлади.

0	5	10	m
0	5	10	m-1

5- расм.

Чизиқли нониус жисмларнинг чизиқли ўлчамларини аниқроқ ўлчашда ишлатилиб, масштабли оддий чизғичга қўшимча қилинади. Масштабли чизғич сингари нониус ҳам майда бўлимларга бўлинган бўлиб, ундаги m та бўлимнинг умумий узунлиги асосий чизғичдаги энг кичик бўлимларнинг $(m - 1)$ тасининг умумий узунлигига тенг бўлади (5- расм), яъни

$$mx = (m - 1)y, \quad (1)$$

бунда x — нониус бўлимининг узунлиги, y — масштабли чизғичдаги энг кичик бўлимнинг узунлиги. (1) тенгликдан:

$$x = y - \frac{y}{m}$$

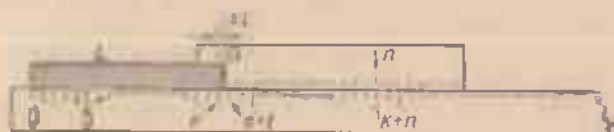
Масштабли чизгич энг кичик булимнинг узунлиги билан нониус булимнинг узунлиги орасидаги айирмани Δx билан белгиласан:

$$\Delta x = y - x = \frac{y}{n} \quad (2)$$

Δx — нониуснинг аниқлиги дейилади.

Демак, нониуснинг бир бўлими масштабни чизгичнинг энг кичик булимидан унинг $\frac{1}{n}$ улуши қадар кичик экан. Нониуснинг n катта хатосини ҳам шу айирма орқали белгилаш мумкинлигини кейинроқ кўрамиз.

Энди чизиқли нониус ёрдамида улчашни урганайлик. Биз улчандиган кесманинг узунлиги L бўлсин (6-расм.)



6-расм.

Бу кесманинг бир учини масштабни чизгичнинг ноль чизигига келтириб қўямиз, бу вақтда унинг иккинчи учи масштабни чизгичнинг k -ва $(k+1)$ -чизиқлари орасида бўлади (иккинчи учининг k -ёки $(k+1)$ -чизиқ билан устма-уст тушиш ҳолларини махсус текширишга зарурат йўқлиги ўз-ўзидан равшан). Бунда кесманинг узунлигини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$L = ky + \Delta L,$$

бундаги ΔL — масштабни чизгичдаги k -булимнинг ҳозирча бизга нимаълум бўлган қисмидир.

Энди нониуснинг ноль чизигини кесманинг иккинчи учига устма-уст тушадиган қилиб қўямиз. Нониуснинг бўлимлари масштабни чизгичнинг бўлимларига тенг бўлмаганлигидан унинг бирон n -чизиги масштабни чизгичнинг бирон $(k+n)$ -чизиги билан деярли устма-уст тушиб қолади.

6-расмдан кўринишича, бўлимлар шу хилда узаро туғри келганда:

$$\Delta L + nx = ny,$$

бундан

$$\Delta L = ny - nx = n(y - x) = n\Delta x.$$

Шундай қилиб, биз улчаётган кесманинг узунлиги

$$L = ky + \Delta L$$

ёки (2) га асосан,

$$l = ky + n \frac{\Delta x}{m}.$$

(3)

Бу символлик ифода бундай укилади: нониусдан ҳам фойдаланиб ўлчанган кесманинг узунлиги масштабли чизғичнинг мумкин бўлган бутун бўлимлари сони (k) га мос узунлик (ky) билан нониуснинг масштабли чизғич бўлимларидан бири билан устма-уст тушган бўлими номери (n) ни нониус аниқлиги (Δx) га кўпайтириш натижасига мос узунлик ($n\Delta x$) нинг йиғиндисига тенг.

Одатда нониуснинг n - чизғичи масштабли чизғичнинг ($k = n$) бўлими билан расо устма-уст тушмайди (бу фарқ бизнинг кўзимиз пайқамайдиган даражада кичик бўлиши мумкин). Ана шу фарқ нониус хатоси деб аталади ва унинг $\frac{1}{m}\Delta x$ дан, яъни нониус аниқлигидан ортмаслиги шарт, демак, нониуснинг хатоси нониус аниқлигининг ярмига тенг.

Масштабли чизғич бўлимларининг узунлиги, нониус бўлимларининг сони, бу сонга қараб эса нониуснинг аниқлиги ҳар хил бўлиши мумкин. Қуйида кўпинча бирга ишлатиладиган масштабли чизғич ва нониусларнинг жадвалини берамиз.

y мм ҳисобида	1	1	1	0,5
m	10	20	50	25
Δx мм ҳисобида	0,1	0,05	0,02	0,02

Доиравий нониуслар ҳам бўлади, бу хил нониуслар юқорида айтганимиздек, чизикли нониусдан принцип жиҳатидан фарқ қилмайди.

К радиусли айлана синининг s узунлиги марказий ϕ бурчак билан $\phi = \frac{s}{r} 180^\circ$ муносабат орқали боғлангани учун бурчакларни ўлчаш ўрнига ёйларни ўлчаш мумкин.

Доиравий нониус айлана (лимб) бўйлаб сирғанувчи ёй шаклидаги чизғичдир. Лимб эса градусларга ёки ундан ҳам кичик бўлимларга бўлинган бўлади (7 ва 8-расм). Ёй шаклидаги нониус чизғичи m та ўзаро тенг бўлимларга бўлинган бўлиб, уларнинг умумий узунлиги лимбдаги $m - 1$ та бўлим узунлигига тенг, яъни:

$$m\alpha = (m - 1)\beta,$$

бундаги α ва β градус ёки минутлар билан ифодаланади: α — нониуснинг бўлим қиймати, β — лимбнинг энг кичик бўлими қиймати. Доиравий нониуснинг аниқлиги, чизикли нониусдагига ўхшаш қуйидагича ифодаланади:

$$\Delta\alpha = \frac{\beta}{m}.$$

Лимбининг полидан бошлаб ҳисобланадиган бурчак (8-расм) қуйидаги формула орқали ифодаланади:

$$\varphi = \frac{1}{2}\beta + n\Delta\alpha.$$

Қўпинча бурчакларни икки йуналишда (соат стрелкаси юриш ҳаракати йуналишида ва унга тесқари йуналишда) ўлчаш керак бў-



7- расм.



8- расм.

лади. Бундай ҳолларда ишлатиладиган доиравий нониуснинг нолиничи чизигидан иккала томонига бир хил (m та бўлимдан иборат) шкала ясалган бўлади. Бундай нониусли асбоб билан бурчакни ўлчашда 0 дан бошлаб санок йуналишида (ўнга ё чапга) кетадиган нониусдан фойдаланилади.

Чизиқли нониуслардаги сингари, бунда ҳам бўлимларнинг узунлиги турлича бўлган лимб ва доиравий нониуслар ишлатилади.

Қўпинча бу қийматлар қуйидаги жадвалда кўрсатилганча бўлади:

β	1°	1°	$30'$	$15'$	$15'$	$10'$
m	12	30	30	15	30	20
$\Delta\alpha$	$5'$	$2'$	$1'$	$1'$	$30''$	$30''$

Нониус бўлимларининг яхши кўриниши ва санок осон бўлиши учун унга лупа орқали қараш маъқул.

Баъзан, масалан, астрономияда катта аниклик билан ўлчашга имкон берадиган нониусли махсус асбоб ишлатилади.

Микрометр. Микрометр симларнинг диаметрини, юпқа пластинкаларнинг қалинлигини ва бошқа кичик жисмларнинг чизиқли ўлчамларини катта аниклик билан ўлчашга хизмат қилади. Микрометр пулат скоба (E) иборат бўлиб, унга D трубка бириктирилган (9-расм.) Микрометр винтининг қадами одатда 1 мм ёки $0,5\text{ мм}$ бўлади.

А винтнинг стерженига C барабан ўрнатилган бўлиб, унинг олдинги (кесик конуссимон) учи 50 ёки 25 бўлимга бўлинган бўлади. Микрометрдаги A винт учини a таянчга теккизганда барабандаги нолиничи чизиқ чизиқли шкаладаги нолиничи чизиққа рў-

пара келади. Қалинлиги улчанадиган буюм микрометрнинг винти билан унинг қаршисидаги таянч орасига жойлаштирилади, сунгра винтнинг бураб буюм стержень учи ва таянч орасига қисиб олинади. Чизиқли *D* шкаладан миллиметрлар ва барабандан миллиметрнинг улушлари (юздан бир улушлари) саналади.

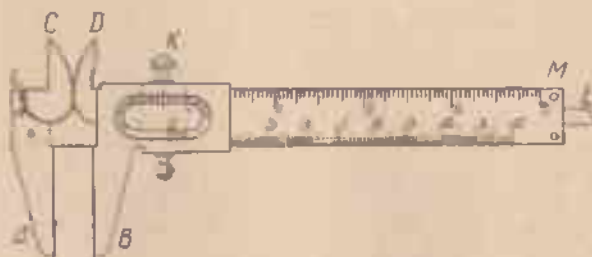


9- расм.

Буюмни микрометрда кучлироқ ёки бушроқ қисниш ҳам мумкин, ана шу ҳол микрометрнинг хато билан улчашига сабаб булади. Ҳозирги замон микрометрларида махсус кушимча мослама булади. Бу мослама микрометрнинг буюмни ортиқча қисишига йул қўймайди. Кушимча мосламанинг ишлаши *A* винт стержени билан *B* даста орасидаги ишқаланишга асослангандир.

Штангенциркуль. Штангенциркуль билан унча катта булмаган деталларнинг ички улчамларини, ташқи улчамларини улчаш мумкин. У билан деталлар деворларининг қалинлигини ва улардаги уйиқ ва кертикларнинг чуқурлигини улчаса булади. Бу асбоб миллиметрларга булинган *LM* чизгичдан иборат. *B* жағи чизгич бўйича силжий олади (10- расм).

A жағи *LM* чизгич билан бир бутун қилиб ясалган. *B* жағнинг юқориги қисми рамкадан иборат бўлиб, рамканинг олд томонига нониус булимлари чизилган. Рамкадаги *A* винт рамкани чизгичнинг истаган жойига қўзғалмас қилиб маҳкамлаб қўйишда ишлатилади.



10- расм.

A ва *B* жағларнинг ички томонлари бир-бирига тегиб тургандан нониуснинг ноли масштабни чизгич нолининг қаршисида туради. *B* жағни *A* дан узоқлаштирганда улар орасидаги масофа нониус нолининг чизгич нолига нисбатан силжиш масофасига тенг булади.

Штангенциркуль ёрдамида буюмнинг чизиқли улчамини улчаш учун уни *A* ва *B* жағлар орасига қистириб, масштаб ва нониусга қараб узунлик аниқланади.

Штангенциркуль, нониуси қанча аниқ курсатса, у жиёми шунча аниқ ўлчаши мумкин.

Асбобнинг A ва B жағларининг давомидаги C ва D кичик жаллари труба ёки гайка каби буюмларнинг ички диаметрини ўлчаш учун хизмат қилади. Баъзан бу ўлчалар ёрдамида буюм устида бир-биридан маълум масофада турган нуқталарни ҳам белгилashi мумкин. Штангенциркульнинг M учидан чиқиб турган E пластинкага нониусли рамка бириктирилган бўлиб, улар бирга ҳаракат қилади. Бу пластинка чуқурлиқни ўлчаш учун ишлатилади.

Мисал. Ҳар хил катталикдаги 5 дона цилиндрнинг ҳажмлари топилисин.

Маълумки, цилиндрнинг ҳажми қуйидаги формула билан топилади:

$$V = \pi \frac{d^2}{4} h,$$

бунда V — ҳажм, d — цилиндр диаметри, h — цилиндр баландлиги,

Олдин штангенциркуль ёрдамида ҳар бир цилиндрнинг диаметри ва баландлигини камида 5 мартадан такрор ўлчаб, ўртача қийматлари топилади. Сунгра, ҳажм формуласидан цилиндрлар ҳажми айрим-айрим топилади. Ҳар бир цилиндрнинг ҳар бир ўлчашга асосланиб ҳисобланган ҳажмларининг ўртачаси топилади.

Худди юқоридаги каби цилиндрларнинг диаметрлари ва баландлиқларини микрометр билан ўлчаб ҳам ҳажмларини топинг. Бунда, албатта, ўлчаш учун олинган цилиндрлар микрометр билан ўлчаш мумкин буладиган даражада бўлсин.

Штангенциркуль билан ўлчашдаги абсолют ва нисбий хато-ларни микрометр билан ўлчашда чиққан абсолют ва нисбий хато-ларга солиштиринг.

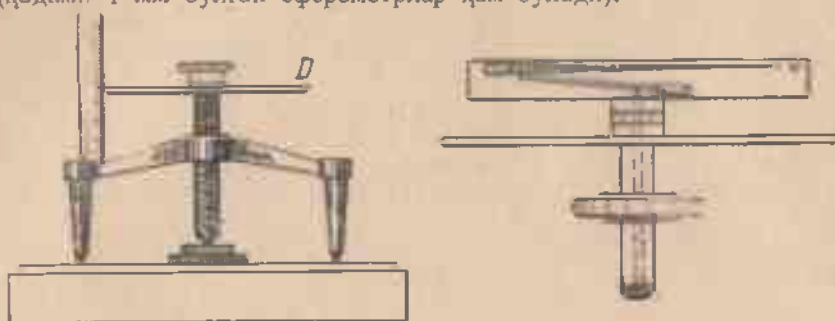
2-иш. Сферометр ёрдамида пластинканинг қалинлигини ва линзанинг эгрилик радиусини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) сферометр, 2) штангенциркуль, 3) ясси шиша пластинка, 4) қалинлиги ўлчаладиган шиша пластинка, 5) ясси-қавариқ линза.

Иш тўғрисида тушунча

Сферометрнинг (11-расм) уч оёғи бўлиб, буларнинг қозғоғдаги излари тенг томонли учбурчак ўлчарига тўғри келади (12-расм). Сферометрнинг марказидан унинг оёқларига параллел ҳолда микрометрли винт урнатилган бўлиб, бу винт D дискка (лимбга) бириктирилгандир. Дискни унга ёки чапга айлантириш билан микрометр винтини юқори кутариш ёки пастга тушириш мумкин.

Микрометрли винтнинг қадами 0,5 мм, яъни дискни 2 марта тула айлантирганда винт 1 мм кутарилади ёки пастга тушади (қадами 1 мм булган сферометрлар ҳам булади).



11-расм.

Дискнинг тевараги 500 булакка бўлинган; лимб бир бўлимга бурилганда микрометрли винт $\frac{0,5}{500} = 0,001$ мм кутарилади ёки пастга тушади. Демак, лимбнинг булим қиймати 0,001 мм экан. Бу эса сферометр ёрдамида 0,001 мм аниқлик билан ўлчашга имкон беради. Дискнинг кутарилишини (ёки тушишини) аниқлаш учун сферометр оёқларининг бирига вертикал ҳолда бириктирилган шкала ва лимб бўйича саноқ олинади.

Сферометрни ишлатишга тайёр ҳолга келтириш учун уни эҳтиётлик билан текис шиша пластинка устига қўйиб, микрометрли винтнинг учи текис шиша пластинкага теккунча дискни айлантириш керак. Винт учининг пластинкага тегиш пайтини пайқаш жуда қийин бўлади. Шу сабабли бу мақсадда одатда микрометрга ўрнатиладиган махсус мослама (ричаглар) дан фойдаланилади: винтнинг ўзагини пармалаб унга пастки учи найзаланган пўлат стержень қўйилади: стерженьнинг пастки учи шиша пластинкага тегиши билан юқориги учи ўз устидаги стрелкаларни итариб, уларнинг учларини кутара бошлайди (11-расм). Баъзи бир сферометрларда ричагнинг вазияти махсус шкалага қараб топилади. Сферометрни унинг уч оёғи ва микрометрик винти (ёки унинг ўзагидаги стержень) шиша пластинкага аниқ тегиб турадиган қилиб қўйиш уни ишлатиш ҳолатига келтириш бўлади.

Ўлчаш ишларини бошлашдан олдин ишлатишга тайёр ҳолдаги сферометрнинг доираси вертикал шкаладаги қайси (N_0) бўлимига, рупара туриши ва диск айланасидаги қайси (n_0) бўлим вертикал шкаланинг бу бўлимига тўғри келганини ёзиб олиш керак. Бу вазият асбобнинг ноль вазияти дейилади.

а) Юпқа шиша пластинканинг қалинлигини ўлчаш.

Бунинг учун қалинлиги ўлчанадиган юпқа шишани сферометр

турган шиша пластинка устига (микрометрли винт тагига) қўйиб, линтнинг учи юпқа шишага теккунча дискни пастга тушадиган томонга айлантириш керак. Шундан кейин вертикал шкаладан N_1 ни ва лимбдан n_1 ни ёзиб олинади.

Бу натижадан асбобнинг ноль вазиятига доир маълумотларни аниқлаб, қуйидаги формула бўйича юпқа пластинканинг қалинлиги h ни топиш мумкин.

Вертикал шкала бўйича $N_1 - N_0$ айирма миллиметрлар ҳисобда, лимбдаги шкала бўйича $n_1 - n_0$ эса 0,001 мм ҳисобида чиқади. Буни миллиметрларга айлантириш учун 1000 га бўлиш кер-
 аки $\left(\frac{n_1 - n_0}{1000} \right)$, натижада пластинка қалинлиги:

$$h = (N_1 - N_0 + \frac{n_1 - n_0}{1000}) \text{ мм.} \quad (1)$$

Кўпчилик ҳолларда N_0 билан N_1 узгармас бўлиб қолавергани сабабли улчаш хатолиги

$$\Delta d = (\Delta n_1 + \Delta n_0) \text{ мм}$$

бўлиб чиқади.

Агар сферометрнинг ноль вазиятида лимбнинг ноли вертикал шкаладаги нолда бўлса, $N_0 = 0$, $n_0 = 0$ бўлади, бунда

$$h = \left(N_1 + \frac{n_1}{1000} \right) \text{ мм.} \quad (1')$$

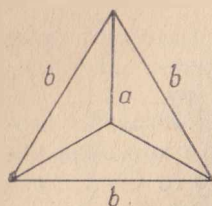
(1) ва (1') тенгликлар ёрдами билан юпқа шиша пластинканинг қалинлиги топилади.

б) Линзанинг эгрилик радиусини топиш.

Иш ҳолатига келтирилган ва ноль вазияти ёзиб олинган сферометрнинг винтини анча юқори кутариб, уни линза устига шундай қўйиш керакки, винтнинг учи линзанинг тахминан чўққисига туғри келадиган ва сферометрнинг учала оёғи линза устида турадиган бўлсин. Сунгра винтнинг (ёки узакдаги стерженьнинг) учи линзага теккунча лимбни айлантирамиз ва (1) ёки (1') формула ёрдамида сегментнинг h_1 баландлигини топамиз. h_1 баландлигини топиш учун сферометрни қўзғатмасдан, винтни кутариб, яна тушириб улчашни бир неча марта такрорлаш ва топилган айрим натижаларнинг (санокларнинг) урта арифметик қийматини олиш керак. Кейин сферометрни линза устида салгина силжитиб, бу вазиятида ҳам биринчи галдагидек ўлчаб h_2 ни топамиз. Шу хилда асбобнинг 3—5 вазиятида ўлчангандан кейин ўртача h ни топамиз.

Энди сферометрни секингина линза устидан олиб тоза қогоз устига қўйиш ва астагина босиш керак, бунда сферометр оёқларининг учи қогозда из қолдиради. Бу изларни ўткир қалам билан

белгилаб, буларнинг орасини штангенциркуль билан бир неча (масалан, уч) марта ўлчаб (12-расм) ўртачасини топиш керак, яъни:



12- расм.

Эгрилик радиуси R қуйдагича топилади. Пифагор теоремасига кўра (13- расм):

$$R^2 = a^2 + (R - h)^2$$

Бундан:

$$R = \frac{a^2 + h^2}{2h} \quad (2)$$

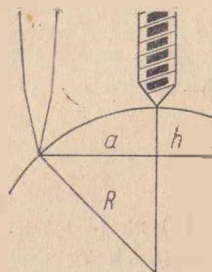
бундаги a — сферометр оёқларининг учлари изини уч қилиб ясалган мунтазам учбурчакка ташқи чизилган айлананинг радиуси. Шунинг учун бу радиус учбурчак томони билан қуйдагича боғланади (12- расм).

$$a = \frac{b}{\sqrt{3}}$$

a нинг бу қийматини (2) га қўйсак,

$$R = \frac{b^2 + 3h^2}{6h}$$

Демак, сферометр оёқлари оралиғини ва сферик сегмент (яъни ясси қавариқ линза) нинг баландлигини ўлчаш йули билан линзанинг эгрилик радиуси ҳисоблаб топилади. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари қуйдагича жадвалга ёзилади:



13- расм.

Асбобнинг вольт-вазияти		Ўлчаш натижаси		Сегмент баландлиги	Сферометр оёқларининг оралиғи			Линзанинг эгрилик радиуси
X_1	n_m	N_1	n_1	h	b_1	b_2	b_3	R

R ни аниқлашдаги нисбий хато катталиги ҳисобланади.

3- иш. Аналитик тарозида тортиш

Аналитик тарозида жуда кичик жисмларнинг массаларини 0,1 — 0,2 мг гача аниқлик билан ўлчаш мумкин. Бундай тарозилар чанг босмаслиги ва уларга кўпроқ ёруғлик тушириш мақсадида ойनावон қутида сақланади. Тажриба вақтида ойनावон қутининг эшикларини очиб ишлатиш мумкин.

Биз тарозининг тузилиши туғрисида тўхтамаймиз, бунини лаборатория машғулотида утказувчи уқитувчига тавсия этамиз.

Тарозида тортиш вақтида қуйидаги қоидаларга амал қилиш зарур:

1) Арретирланмаган (яъни тарози шайини таянч призмалардан катариб қўйилмаган) тарози паллаларига юк ва тош қўйиш ярамайди. Юкни паллага қўйишдан олдин тарозининг арретирлаб олиниш лозим.

2) Паллага юк ва тошларни уларнинг оғирлик маркази мумкин қадар палла уртасига туғри келадиган қилиб қўйиш лозим.

3) Тарози тошларини, айниқса миллиграммли тошларни (пластинкаларни) паллага уларнинг букилган жойларидан фақат пинцет билан олиб қўйиш керак.

4) Тошларни палладан олгандан сўнг қутичадаги ўз жойига қайтиб қўйиш керак.

5) Тортиладиган юк паллага қўйилгандан сўнг, шайинни тулиқ бушатмасдан аввал чамалаб, керакли тошларни қўйиб, тарози стрелкасининг ҳаракатини кузатиш керак. Сўнгра қўшимча тошлар қўйиб (қўшимча тошлар паллага тарози арретирланган ҳолда солинади), тарозини мувозанат ҳолатга яқинлаштирилади. Юк билан тарози тошлари оғирликлари бир-бирига жуда яқин келиб қолганда, шайин маятник каби тебрана бошлайди.

6) Тарозини секин ва диққат билан арретирлаб туриш лозим, агар шайин тебраниб қолса, стрелка мувозанат нуқтадан утиш пайтида арретирлаб олиш лозим.

7) Юк қўйилганда паллалар каттиқ тебраниб кетса, аввал паллага бир варақ қоғоз тегишиб тебранишдан тўхтатиш ва шундан кейингина шайинни бушатиш керак.

8) Паллаларнинг тебранишини тарози эшикларининг албатта охиқ ҳолида кузатиш лозим.

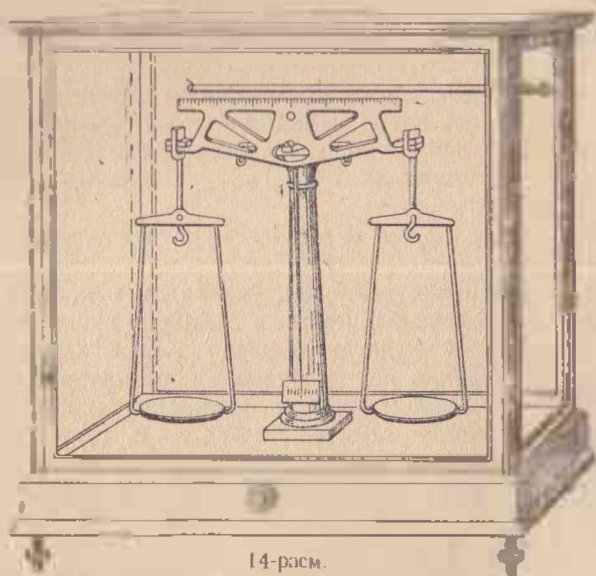
9) Агар шайин бушатиладигандан кейин тарози стрелкасининг тебраниш амплитудаси жуда кичик бўлса, тарозининг ен эшикларидан бирига сал очиб, кўл билан озгина шамол бериб стрелканинг тебраниш амплитудасини етарли қилиш мумкин (стрелка шкала уртасидан иккала томонга 3—4 бўлим чамасида четлашиб тебраниладиган бўлса, амплитуда етарли ҳисобланади).

10) Керакли ўлчашлар бажарилиши биланоқ тарозини арретирлаб ва паллалардан юкларни олиб қўйиш шарт.

Тортиш. Тарозида бирор жисмни аниқ тортиш учун аввал тарозининг ноль нуқтасини, сезгирлигини топиш, жисмни тортиш ва жисм оғирлигининг ҳавода камайишига тегишли тузатма киритиш лозим. Тарозининг ноль нуқтасини қуйидагича аниқлаймиз: паллаларида юки бўлмаган тарозининг шайини бушатилса, стрелка бир қанча вақт эркин тебраниб, кейин тўхтаб қолади.

Ана шу вақтда стрелка учи келиб тўхтаган чизиқча тарозининг ноль нуқтаси ҳисобланади.

Бу ноль нуқтани топиш учун арретирни бушатгандан сўнг, стрелканинг эркин тебранишидан тухташини кутиш учун анча вақт керак бўлади, шу сабабли ноль нуқтани тебраниш усули билан топиш қабул қилинган. Айтганимиздек, шайинининг стрелкаси худди маятникдай ҳаракат қилади.



14-расм.

Фараз қилайлик, стрелка ўзининг тебранишида шкаладаги ўрта чизиқдан чап томонга a_1 бўлимгача, сўнггра ўрта чизиққа қайтгандан кейин, ўнг томонга a_2 бўлимгача етади. Лекин ҳақиқатда a_1 ва a_2 амплитуда қийматлари бир-бирига тенг бўлмайди. Вақт ўтиши билан стрелканинг шкаладаги ўрта чизиқдан иккала томонга узоқлашиши ҳар галги тебранишида камаё боради. Мисол учун, стрелка аввал чапга (a_1 га) бориб, сўнггра ўнгга (a_2 га) бориб, ундан кейин яна чапга (a_3 га, шкаладаги ўрта чизиқдан a_1 томонга) қайтди дейлик; бунда қуйидаги тенгсизликлар уринли бўлади (15-расм):



15-расм.

$$a_1 > a_2 > a_3.$$

Мувозанат нуқтани, яъни тарозининг ноль нуқтасини h_0 десак, уни a_1 , a_2 , a_3 орқали қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$h_0 = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3}.$$

Одатда шкаладаги ўрта чизиқдан кетма-кет 5 та узоқлашишга мос қийматлар яъни a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 олинади. Булардан a_1, a_3 ва a_5 — шкаладаги ўрта чизиқдан чап томонга, a_2, a_4 — ўнг томонга узоқлашиш (тебраниш) амплитудаларидир. Бу ҳолдаги ҳар томонга булган тебранишларнинг ўрта қийматлари мувозанат (ноль) нуқтага янада яқинроқ келади. Бунда a_0 нинг нифодаси қуйидагича бўлади:

$$k_0 = \frac{\frac{a_1 + a_3 + a_5}{3} + \frac{a_2 + a_4}{2}}{2}$$



16-расм.

Аниқлик учун тарози шкаласи 16-расмда кўрсатилгандек бўлсин, дейлик. Бунда стрелканинг чап ва ўнг томонга огиш нуқталари 4 ва 14; 5 ва 13; 6 бўлсин. Буларнинг ўртачасини оламиз. Тарозини арретирлаб, сўнгра яна бушатиб, стрелканинг ноль нуқтасини икки марта топамиз ва уларни қуйидаги жадвал кўринишида ёзамиз:

чап	ўнг	чап	ўнг	чап	ўнг
4	14	5	15,5	3	17,5
5	13	6	14,5	3,5	16,5
6		7		4	

Ҳисоблаш:

Биринчи тажрибада:

$$k_1 = \frac{\frac{4 + 5 + 6}{3} + \frac{14 + 13}{2}}{2} = 9,25.$$

Иккинчи тажрибада:

$$k_2 = \frac{\frac{5 + 6 + 7}{3} + \frac{15,5 + 14,5}{2}}{2} = 10,5.$$

Учинчи тажрибада:

$$k_3 = \frac{\frac{3 + 3,5 + 4}{3} + \frac{17,5 + 16,5}{2}}{2} = 10,25.$$

Тажриба	Стрелканинг четланиши		k_i нинг қийматлари	k_0 нинг ўрта арифметик қиймати
	чапга	ўннга		
I	4; 5; 6	14; 13	9,25	10
II	5; 6; 7	15,5; 14,5	10,5	
III	3; 3,5; 4	17,5; 16,5	10,25	

Жисмни тарозидида тортган вақт ичида ноль нуқтанинг вазияти ўзгариб қолиши мумкин бўлгани учун, жисмни тортиб бўлгандан кейин ҳам ноль нуқтани аниқланг. Ўлчад натижаларини ишлаб чиқишда буш тарозининг ноль нуқтаси деб олдинги ва кейинги ноль нуқталар вазиятининг ўртачасини олиш керак. Энди тарозининг сезгирлигини топайлик. Сезгирлигини топиш учун тарозининг ўнг ёки чап палласига 1 мГ юк қўйиш керак бўлади, лекин одатда бир миллиграммлик тош бўлмагани учун тарозини арретирлаб, рейтерни шайиндаги шкаланинг нолдан ўнг ёки чап томонда 1-булимга илинтирилса, унинг тарозига таъсири 1 мГ бўлади. Рейтернинг тарозига таъсири қўйидаги формуладан топилади:

$$P = 10 \frac{N}{N_1} k_0$$

бундаги N — шайиннинг бир елкасидаги булимлар сони, N_1 — рейтер илинган булим номери.

Энди юкорида k_0 ни қандай топган бўлсак, худди ўша усул билан тарозига 1 мГ юк қўйилган ҳолда k_1 ни топиш керак. k_1 ҳам 2—3 марта аниқланиб ўрта қиймати топилади. Бунда k_1 билан k_0 орасида фарқ бўлади. Тарозининг юксиз вақтидаги ноль нуқтаси 1 мГ юк таъсири билан $k_1 - k_0$ га силжийди.

Бу айирманинг абсолют қиймати тарозининг сезгирлиги дейилади. Тарозининг 1 мГ юк қўйилгандаги сезгирлигини n билан белгилайлик:

$$n = k_1 - k_0$$

Тарозининг сезгирлиги доимий бўлмасдан тортиладиган жисмнинг оғирлигига қараб ўзгариб туради.

Тортишда тарозининг бир палласига юк қўйиб, иккинчи палласига шундай миқдорда тош қўйиш керакки, тарози арретирдан бўшатишда стрелкаси тебраниб шкала чизиқларидан четга чиқиб кетмайдиган бўлсин.

Тошлар мумкин қадар юкка яраша танлангандан сўнг, юкланган тарозининг мувозанат нуқтасини худди юксиз вақтидаги ноль нуқтани топганимиздек топамиз.

Фараз қилайлик, юкли тарозининг ноль нуқтаси k_0 бўлсин. k_0 ни уч марта топиб, ўртачасини олиш керак. Агар $k_1 = k_0$ бўлса, юк оғирлиги билан тош оғирлиги бир-бирига тенг булар эди, $k_1 = k_0$ ҳолда ё тошлар, ёки юк оғир бўлади.

Бундан сўнг юксиз тарозининг сезгирлигини қандай топган бўлсак, худди шу йўлда юкли тарозининг ҳам сезгирлигини рейтер ёрдамида топамиз. Фараз қилайлик, рейтер қўйилгандан сўнг тарозининг мувозанат нуқтаси k_1 бўлсин. Демак, 1 мГ тош таъсири билан юкли тарозининг мувозанат нуқтаси $k_2 - k_1$ га силжир экан. Бу $k_1 - k_0$ катталиқ юкли тарозининг сезгирлиги дейилади.

Паллалардан бири оғир бўлгани учун юкли тарози стрелкаси $k_1 - k_0$ миқдорида чап ё ўнг томонга силжиган: стрелканинг қанча

булишга силжиганини x билан белгиласак, қуйидаги пропорцияни оламиз:

$$x : 1 = (k_2 - k_1) : (k_1 - k_2) \quad x = \frac{k_1 - k_2}{k_1 - k_2}.$$

Тош юкдан оғир бўлса, k_1 нуқта юк томонда бўлади. Юкнинг тортиб топилган Q оғирлиги тошларнинг P оғирлигидан x G кам бўлади, яъни:

$$Q = P - x.$$

Агар тош юкдан енгил бўлса, k_1 нуқта тош томонида бўлади ва юкнинг тортиб топилган оғирлиги:

$$Q = P + x.$$

Тажриба вақтида шундай қилиш керакки, k_1 ҳамма вақт k_2 билан k_2 орасида бўлсин.

Рейтерни шайин шкаласидаги бирор V чизик устига қўйиб мувожапатлаймиз.

Ўлчашларнинг ҳаммаси хона ичида бажарилади. Маълумки, жисмларнинг оғирлиги, Архимед қонунига биноан сувдаги каби ҳавода ҳам камаяди. Жисмнинг оғирлигини жуда аниқ ўлчаш учун унинг ҳавосиз жойдаги оғирлигини билишимиз лозим. Ҳавода камайган оғирликлар эътиборга олинса, юкнинг ҳақиқий оғирлиги Q_0 қуйидаги тенгламадан топилади:

$$Q_0 = Q + Q \cdot 0,0012 \left(\frac{1}{\rho} - 0,12 \right),$$

бунда d — жисмнинг солиштирма оғирлиги, Q — жисмнинг тортиб топилган оғирлиги.

4- иш. Жисмларнинг эркин тушишини Атвуд машинаси ёрдамида текшириш

Керакли асбоб ва материаллар. 1) Атвуд машинаси ва унга қўшимча ҳалқалар, 2) секундомер ёки метроном.

Атвуд машинаси вертикал ҳолатда ўрнатилган ва сантиметрларга бўлинган тахтадан иборат (17- расм).

Унинг юқорисидаги A блок орқали ип ўтказилиб, ипнинг икки учига массалари бир-бирига тенг булган G ва G_1 юкчалар оқилади. G юкча устига расмда кўрсатилган B ёки C юкчалардан бири қўйилса, система текис тезланма ҳаракатга келади.

Системани ҳаракатдан тўхтатиш учун ёки B қўшимча юкни ҳаракат вақтида тушириб қолдириш учун D ва F стулчалардан



17- расм.

фойдаланилади. Бу стулчалар машина устунининг исталган ерига маҳкамланиши мумкин. Системанинг ҳаракат қилишига кетган вақтни улчаш учун метроном ёки секундомердан фойдаланиши мумкин. Батъан машина орқасига урнатилган маятникдан фойдаланилади. Метрономнинг физик маятникнинг келтирилган узунлигини (чечевицани суриш билан) ўзгартириб, метроном қайд қиладиган вақт бирлигини ўзгартириш мумкин.

Агар қушимча юкчанинг массаси m_1 бўлса, системанинг тезланиши куйидаги тенгламадан топилади:

$$a = \frac{2m}{2m + m_1} g \quad (1)$$

Системани ҳаракатга келтирадиган куч $F = m_1 g$ бўлиб, $2m + m_1$ — системанинг массасидир.

Агар система тезланишининг қиймати тажрибадан маълум бўлса, (1) формуланинг шаклини куйидагича ёзиб, g ни топа оламиз:

$$a = \frac{2m}{2m + m_1} g \quad (2)$$

1-машқ: йўллар қонуни $s = \frac{1}{2} a t^2$ ни текшириш.

G юкнинг устига қушимча B юкчани қўйиб, система ҳаракатга келтирилади, айни вақтда маятник ҳам ҳаракатга келтирилади.

Вақтни ҳисоблаганда маятникнинг уришлари поль, бир, икки, уч, ... деб санаб турилади.

Ҳар гал 1) стулчаги машинанинг шундай нуқталарига маҳкамлаш керакки, маятникнинг (метрономнинг) 1-, ё 2- ёки 3-уриши билан бир пайтда юк 1) стулчага келиб урилиб тўхтаб қоладиган бўлсин.

1) Маятникнинг биринчи уришида юк s_1 йўлни, иккинчи уришида s_2 йўлни ва учинчи уришида s_3 йўлни ўтади. Юкнинг тезланиши куйидаги формула билан ифодаланади:

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad (3)$$

(3) формуладан фойдаланиб, маятникнинг 1-, 2-, 3-уришларига мос тезланиш қийматлари куйидагича бўлишини топамиз:

$$a_1 = \frac{2s_1}{t_1^2}, \quad a_2 = \frac{2s_2}{t_2^2}, \quad a_3 = \frac{2s_3}{t_3^2} \quad (4)$$

Тажриба яхши бажарилса, $a_1 = a_2 = a_3 = a$ бўлиб чиқади.

Тажрибада $a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a$ бўлиши системанинг текис тезланувчан ҳаракат қилаётганини исботлайди.

a нинг уртача қийматини (2) формулага қўйиб, g ни ҳисоблаш мумкин. Қушимча юкчаларни ҳар хил килиб олиб ҳам тажрибани такрорлаб (2) формулага мувофиқ ҳисобланган a нинг қийматларини бир-бирига солиштирсак, натижа шу жойда бир хил чиқиши керак.

2-маш. Тезлик қонунини, яъни:

$$v = at$$

(5)

ни текшириш. 1, 2, 3 г қўшимча юкни кетма-кет G устига қўнган пайтда ҳар гал маятник ҳаракатга келтирилади. Маятник ҳаракатга келган пайтда система ҳам ҳаракатга келади.

F стулчани машина тахтасининг шундай жойига ўрнатиш лозимки, бунда маятникнинг биринчи уриши ёки иккинчи уриши билан бир пайтда қўшимча B юкча ҳалқага илиниб қоладиган, лекин G юк ҳалқадан утиб, ўз ҳаракатини давом эттирадиган бўлсин. Сўнгра, D стулча F стулчадан пастроққа ўрнатилади. F билан D нинг орасини G юк белгили вақт бирлиги ичида утиши лозим. Масалан, юк маятникнинг 3-уриши билан бир пайтда F стулчага келиб урилса, 4-уришда D га келиб уриши керак. Демак, F билан D нинг ораси G юкнинг вақт бирлиги ичида утган йўлига, яъни v тезлигига тенг бўлади.

Тажрибани бир неча марта такрорлаб, v нинг топилган ўрта қийматини унинг

$$v = at$$

тенглама ёрдамида ҳисоблаб топилган қийматларига солиштирилади. Агар тажриба яхши қилинган бўлса,

$$a = \text{const.}$$

3-маш. Ньютоннинг 2-қонунини текшириш.

G_1 юкка 1 г ва G юкка 3 г қўшимча юк қўйиб, система ҳаракатга келтирилади. Маятникнинг 1-, 2-, 3-уришлари ичида утилган йўллар улчаб олинади. Бунда система $2G$ куч таъсири билан ҳаракат қиладиган бўлади.

G_1 юк устидаги 1 г юкча G юк устига олиб қўйилса, системанинг умумий массаси ўзгармайди, лекин бунда система $4G$ куч таъсири остида ҳаракат қилади. Юқоридаги каби, яна маятникнинг 1-, 2-, 3-, ... уришлари ичида утган йўлни улчаб олинади. Агар система аввал $2G$ куч таъсирида ҳаракат қилиб, t вақт ичида s_1 йўлни ўтса, сўнгра $4G$ куч таъсирида t вақт ичида s_2 йўлни ўтади. Сўнгги таъсир этувчи куч аввалгидан 2 марта кўп бўлгани учун

$$s_2 : s_1 = 2$$

бўлиши керак. Агар тажрибада ҳам $s_2 : s_1 = 2$ бўлса, Ньютоннинг иккинчи қонуни туғри эканлигини, яъни тезланишнинг таъсир этувчи кучга туғри пропорционал эканлиги тасдиқланади.

Эслатмалар: 1. Тажриба вақтида ишқаланиш кучи камроқ бўлиши учун машинани вертикал ўрнатиш керак.

2. Блокдан утказилган ип илгичкароқ бўлиши керак.

5-нм. Секундли маятникнинг узунлигини белгилаш

Секундли маятник деб тулиқ тебраниш даври 2 секунд булган ($T = 2$ сек) маятникка айтилади. Демак, тебраниш даврининг ярми бир секундга тенг булган маятникни «секундли маятник» десак ҳам булади.

Ярим тебраниш даври деб, маятник шарчасининг A нуқтадан B нуқтага келишигача утган вақтга айтилади (18-расм).

Бизга маълумки, маятникнинг оғиш бурчаги жуда кичик булганда тебраниш даври

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (1)$$

ярим тебраниш даври

$$t = \frac{T}{2} = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (2)$$

Секундли маятникнинг ($t = 1$ сек) узунлиги l қуйидагича ифодаланади:

$$l = \frac{g}{\pi^2} \quad (3)$$

18-расм.

Агар тажриба қилинаётган жой учун g нинг қиймати маълум булмаса, математик маятникнинг тебранишларини санаб, қуйидагича иш курса булади.

Математик маятникнинг n марта ярим тебранишига кетган вақтни (t ни) тебранишлар сонига булсак, ярим тебранишга керак булган t вақтни топамиз:

$$t = \frac{T}{2} \quad (4)$$

(3) формулага мувофиқ, математик маятник учун

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (5)$$

x — математик маятник узунлиги. Бу формулани (3) формула билан солиштирсак, секундли маятникнинг l узунлигини белгилаш учун қуйидагича ифода олинади:

$$l = \frac{g}{\pi^2} \quad (6)$$

Демак, математик маятникдан x ва t ни топиб, (6) формула орқали секундли маятникнинг l узунлигини топамиз.

6-нм. Ер тортиш кучининг тезланишини маятник ёрдами билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) маятник, 2) секундомер, 3) линейка, 4) штангенциркуль ёки микрометр.

Бундан маълумки, физик маятникнинг оғиш бурчаги жуда кичик бўлганда тебраниш даври қуйидаги формуладан топилади:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (1)$$

Бундан l — физик маятникнинг келтирилган узунлиги,
 g — оғирлик кучининг тезланиши.

Амр тажриба натижасида T ва l ни аниқлаб олсак, g нинг қийматини (1) формуладан топишимиз мумкин. (1) нинг иккала томонини квадратга кутарамиз:

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

Бундан

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}. \quad (2)$$

Иш тартиби

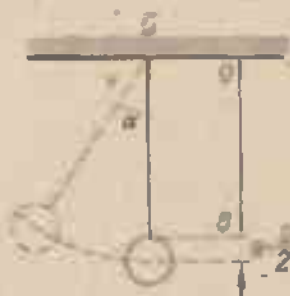
Авалло миллиметрли чизғич билан маятник ипининг OB орасидаги узунлигини улчаб (19-расм), сунгра шарчанинг диаметри $2R$ билан қайта-қайта улча-
 йиб ўртача қийматни топилади. У вақтда маятник узунлиги:

$$L = l + R \quad \text{ёки} \quad L = l + R. \quad (3)$$

Маятникнинг тебраниш даврини топиш учун шарчани бир томонга тахминан 60° бурчакка оғдириб, секингина қу-
 йиб юборамиз. Шу пайтнинг узида секун-
 дометрни ҳам ишлатиб юборамиз.

Маятникнинг 50 марта тебранишини қанча, бунинг учун қанча секунд вақт ўтганлигини ёзиб қуямиз.

Тебраниш даврини топиш учун маятник тебранишини камида 30 марта такрорлаш керак. Бу уч галги маълумотларнинг ўртача-
 сини қуйидаги усул билан аниқлаш мумкин.



19-расм.

I тажриба		II тажриба		III тажриба		Тебраниш даврининг ўртачаси
вақт секунд	тебраниш сонин	вақт секунд	тебраниш сонин	вақт секунд	тебраниш сонин	
t_1	N_1	t_2	N_2	t_3	N_3	$T = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}$
$T_1 = \frac{t_1}{N_1}$		$T_2 = \frac{t_2}{N_2}$		$T_3 = \frac{t_3}{N_3}$		

Жадвалнинг кейинги графасидаги T' нинг қийматини (2) формулага туғридан-туғри қўйиш мумкин эмас, унга бир оз тузатма бериш керак бўлади. Бу тузатма қуйидагидан иборат:

$$T = T' (1 - \frac{2\sigma}{g}) \quad (4)$$

(4) формуладаги m' — маятник шарчаси ҳажмида бўлган ҳаво массасидир, ҳаво босимини барометрдан ва температурасини термометрдан қараб олиб ёзгандан сўнг тегишли жадвалдан шу шаронгидеги ҳаво зичлиги σ ни топиш мумкин. Сўнгга шарча радиусини ўлчаб, топилган қийматни

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad (5)$$

формулага қўямиз ва V ни аниқлагандан сўнг, m' қуйидаги формуладан топилади:

$$m' = V\sigma. \quad (6)$$

Шарчанинг m массасини тарозида тортиб топиш керак.

Демак, энди m' , m ва T нинг топилган қийматларини (4) формулага қўйиб, изланган T нинг қийматини топа оламиз, сўнгга T нинг қийматини (2) формулага қўйиб, g тезланишни топамиз.

Маятникнинг узунлигини ҳар гал узгартириб тажрибани 5 марта такрорлаш лозим. Маятникнинг тебраниш даврини топишда рўй берган нисбий хатони ҳисоблаб чиқариш зарур.

7-иш. Қаттиқ jismlar айланма ҳаракати динамикасининг асосий қонунларини тажрибада текшириш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) Обербек маятниги, 2) узунлиги 2—3 метр келадиган масштаби чизғич, 3) бир неча дона 100—200 граммлик юклар, 4) штангенциркуль, 5) секундомер.

Иш туғрисида тушунча

Айланма ҳаракатдаги jismining асосий қонуни қуйидагича ифодаланади:

$$M = J\varepsilon \quad (1)$$

бунда M — jisimga таъсир этувчи кучларнинг айланиш ўқиға нисбатан олинган бош моменти,

J — jismining айланиш ўқиға нисбатан олинган инерция моменти,

ε — jismining бурчак тезланиши.

(1) ифодани қуйидагича ҳам ёзиш мумкин:

$$\varepsilon = \frac{M}{J}. \quad (2)$$

Бу формуладаги ϵ ва J ларнинг ўзаро боғланишини Обербек маятнини ёрдамида текширамыз.

Обербек маятниги (20-расм) бир гупчакка киргизилган тўртта A_1, B, B_1 стержендан иборат маховик булиб; қушни стерженлар бир-бирига перпендикулярдир. Маятникнинг инерция моменти стерженлар бўйича силжитиладиган юкларни суриб ўзгартирилади.

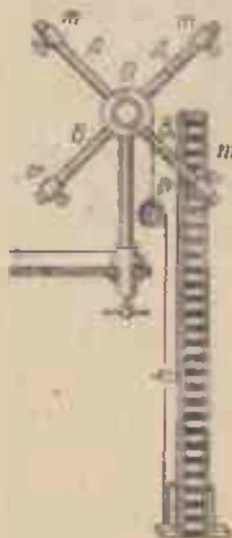
Умумий ўққа O чиғириқ ўрнатилган бўлиб, чиғириққа ип уралган; ипнинг иккинчи учига P юкча боғланган. Юкнинг оғирлиги чиғириқдаги ипга таъсир қилиб, ипни тортади, бунда маховик текис тезланувчан айланма ҳаракатга келади.

Маховик стерженларидаги юкларни олиб қўйиб, ип учигаги юкнинг дастлабки туриш ҳолатини белгилаймиз ва сунгра юкнинг тушишига имкон берамыз. Агар юкнинг тик шкала бўйича тушиш баландлиги h ва тушиш вақти t бўлса, юкнинг ҳаракат тезланиши қуйидагича топилади:

$$a = \frac{2h}{t^2} \quad (3)$$

Маховикнинг ўққа ўрнатилган O чиғириғининг r радиусини ўлчаб, унинг бурчак тезланишини топиш мумкин:

$$\epsilon = \frac{a}{r}. \quad (4)$$



20- расм.

Куч моменти эса қуйидагича аниқланади: тушувчи жисмнинг оғирлиги

$$P = mg,$$

юк текис тезланувчан ҳаракат билан тушганда ипнинг таранглиги

$$P_1 = m(g - a),$$

a — топилган чизиқли тезланиш.

Демак, юкнинг тушиш вақтидаги куч моменти қуйидагича ифодаланади:

$$M = P_1 r = m(g - a) r. \quad (5)$$

(4) ва (5) формулалар ёрдами билан ϵ ва M ни топгандан кейин системанинг инерция моменти қуйидагича топилади:

$$J = \frac{Mr}{\epsilon}. \quad (6)$$

Системанинг инерция моментини ўзгартмасдан туриб, тик тушувчи юкнинг катталигини ўзгартиш билан системадаги куч моментини ўзгартириш мумкин.

Сунгра маховик стерженларига 2 та ёки 4 та юк урнатиб, унинг куч моментларини бир хилда сақлагани ҳолда юкларнинг айланиш уқигача булган масофаларини узгартириш билан система-нинг инерция моментини ошириш ёки камайтириш мумкин.

Ишнинг бажарилиши

Стерженлардаги юкларни олиб қуйиб, яъни системанинг инерция моментини узгармас қилиб, ип учига боғладиган икки хил юк учун (3) ва (4) формулалардан маховикнинг ϵ_1 ва ϵ_2 бурчак тезланишларини топамиз. Сунгра, (5) дан фойдаланиб, M_1 ва M_2 куч моментларини топиш керак.

Топилган миқдорлар қуйидаги пропорцияни қаноатлантириши керак:

$$\epsilon_1 : \epsilon_2 = M_1 : M_2 \quad (7)$$

Куч моментини узгартирмай сақлаб (ип учидаги юк оғирлигини узгартмасдан туриб), маховикдаги юкларни силжитиш йули билан буларнинг икки ҳолати учун (3) ва (4) формулалар ёрдамида ϵ_1 ва ϵ_2 бурчак тезланишлари ва (2) ёрдамида J_1 ва J_2 инерция моментларини топиш лозим. Топилган натижалар қуйидаги пропорцияни қаноатлантириши шарт:

$$\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = \frac{J_2}{J_1}$$

8- иш. Жисмининг инерция моментини трифиляр осма воситасида аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) трифиляр осма, 2) секундометр, 3) штагенциркуль, 4) инерция моменти улчанадиган жисм.

Иш туғрисида тушунча

Механикадан маълумки, айланма ҳаракатда булган ҳар бир жисмда инерция моменти булади. Инерция моментини аниқлашда турли методлардан фойдаланилади. Бу ишда инерция моменти трифиляр осмадан фойдаланиб аниқланади.

Трифилляр осма (21-расм) R радиусли доира шаклидаги дискдан иборат булиб (бу диск баъзан платформа ҳам дейилади), четидаги симметрик нуқталарга боғланган уч ип ёрдамида r радиусли ($r > R$) иккинчи дискка осилган булади. Платформа узининг марказидан утадиган вертикал уқ атрофида айланма тебраниш қила олади. Бу тебранишда унинг оғирлик маркази айланиш уқи буйлаб (вертикал йуналишда) кучади. Платформанинг тебраниш даври унинг инерция моментига боғлиқ булади.

Агар платформага қушимча юк қуйилса, унинг тебраниш даври узгаради.

Массаси m булган платформа бир томонга айланма тебраниш тизмаса, унинг оғирлик маркази h баландликка кўтарилади, демак, қўшимча потенциал энергияси қуйидагича булади:

$$E_1 = mg \cdot h, \quad (1)$$

бунда h — оғирлик кучининг тезланиши. Энди платформа тескари томонга айланиб мувозанатга келганда унинг кинетик энергияси

$$E_2 = \frac{1}{2} J \omega_0^2 \quad (2)$$

булади, бунда J — платформанинг инерция моменти, ω_0 — платформанинг мувозанат нуқтадаги бурчак тезлиги. Агар ишқаланишга сарф булган ишни нисбатга олмасак, энергиянинг сақланиш қонунига асосан:

$$E_1 = E_2$$

яъни

$$\frac{1}{2} J \omega_0^2 = mgh. \quad (3)$$

Платформанинг тебранишини гармоник тебраниш десак, унинг силжиш бурчагининг вақтга қараб ўзгариши қуйидагича ифодаланади:

$$\beta = \alpha \sin \frac{2\pi}{T} t, \quad (4) \quad 21 \text{ - расм.}$$

бунда β — бурчак силжиш катталиги, α — бурилиш амплитудаси, T — тула тебраниш даври, t — вақт.

β нинг вақт бўйича биринчи ҳосиласи бурчак тезлиги (ω) га тенг булади, яъни:

$$\beta' = \left(\alpha \sin \frac{2\pi}{T} t \right)' = \alpha \cos \frac{2\pi}{T} t$$

ски

$$\beta' = \alpha \cos \frac{2\pi}{T} t = \frac{d\beta}{dt} = \frac{2\pi\alpha}{T} \cos \frac{2\pi}{T} t$$

Мувозанат нуқтадан ўтишида ($t = 0, \frac{1}{2} T, T, \frac{3}{2} T$ ва ҳоказо) бурчак тезлигининг абсолют қиймати қуйидагича ифодаланади:

$$\omega_0 = \frac{2\pi\alpha}{T}. \quad (5)$$

(5) ни (3) ифодага қўйиб, қуйидаги тенгликни ёзамиз:

$$mgh = \frac{1}{2} J \left(\frac{2\pi\alpha}{T} \right)^2. \quad (6)$$

Трифилар осмадаги битта ипнинг узунлигини l билан, платформа радиусини R билан, юқоридаги дискнинг радиусини r билан бел-



гиласак, трифиляр осма оғирлик марказининг кутарилш баландлиги h ни қуйидагича топамиз (22-расм):

$$h = OO_1 = BC - BC_1 = \frac{(BC)^2 - (r^2 - R^2)}{BC + BC_1}.$$

шундан

$$(BC)^2 = (AB)^2 - (AC)^2 = R^2 - (R - r)^2$$

$$(BC_1)^2 = (BA_1)^2 - (A_1C_1)^2 = R^2 - (R^2 + r^2 - 2Rr \cos \alpha)$$

булгани учун

$$h = \frac{2Rr(1 - \cos \alpha)}{BC + BC_1} = \frac{4Rr \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{BC + BC_1}.$$

α бурчак кичик булганда унинг синуси узига тенг (яъни $\sin \alpha \approx \alpha$) деб, иплар анча узун булганда махражини $2l$ деб олса булади, бу ҳолда

$$h \approx \frac{Rr\alpha^2}{2l}$$

h нинг бу ифодасини (6) га қўямиз:

$$mg \frac{Rr\alpha^2}{2l} = \frac{1}{2} I \left(\frac{2\pi\alpha}{T} \right)^2. \quad (7)$$

бундан эса устига юк қўйилмаган платформанинг инерция моменти:

$$I = \frac{mgRr}{\omega^2} T^2. \quad (8)$$

22-расм.

Лекин устига юк қўйилган платформанинг инерция моменти

$$J_1 = \frac{(m_{юк} + m) g R r}{\omega^2} T_1^2. \quad (9)$$

бундаги T_1 —платформанинг устида юки булгандаги тебраниш даври. Жисмларнинг инерция моментлари аниқроқ чиқиши учун $J_1 - J$ айирма J га караганда анча катта бўлиши керак.

Ишнинг бажарилиши

1. Дастлаб (8) формула ёрдамида юксиз платформанинг J инерция моментини топамиз. R , r ва l ҳудуд платформанинг m массаси мазкур асбоб учун узгармас ва маълум ҳисобланади. Демак, бунда юксиз платформанинг тула тебраниш даврини (T) топиш қолади.

2. T ни аниқлаш учун платформани буриб тебратамиз ва секундомер билан вақтни улчаб оламиз. 50—100 марта тула тебраниш вақтини аниқлаб, T нинг анча аниқ қийматини топиш мумкин.

3. Платформага массаси олдиндан тортиб аниқланган юкни қўйиб, системанинг тула тебраниш даври T_1 ни аниқлаймиз.

4. (8) ва (9) формулалардан фойдаланиб, системанинг инерция моментларини топамиз. Юкнинг $J_{\text{юк}}$ инерция моменти қуйидагича ифодаланади:

$$J_{\text{юк}} = J - J_1$$

бунда J — юксиз платформанинг инерция моменти, J_1 — юкли платформанинг инерция моменти.

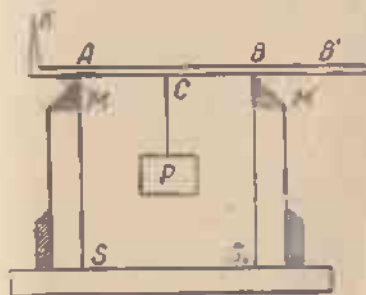
Инерция моментларини аниқлашда нисбий хато катталиклари топилиши.

9-иш. Эгилиш деформацияси ёрдами билан Юнг модулини белгилаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) Юнг модулини эгилишдан топинида ишлатиладиган асбоб, 2) бу асбобга керак буладиган ҳар хил металллардан ясалган стерженьлар, 3) оптик труба, 4) 50 г, 100 г, 200 г лик тарози тошлари, 5) штангенциркуль, 6) 100—150 сантиметрли чизғич, 7) рақамлари тескари енгилган масштаби шкала.

Иш туғрисида тушунча

Эгилиш деформацияси ёрдами билан Юнг модулини топишда ишлатиладиган қурул — SS_1 тахтача (асос) нинг икки четига урнатилган MS ва $M'S_1$ таянчлардан иборатдир. Таянчларнинг учларига



23-расм.

M ва M' металл призмалар урнатилган, бу призмаларнинг қирралари бир-бирига параллел қилиб қўйилади.

Юнг модули топилиши керак булган ва кесим юзи туғри туртбурчакдан иборат AB стержень шу призмалар устига горизонтал равишда эркин қўйилади. Бу стерженьнинг бир учига тик қилиб K қузу урнатилган.

AB стерженьнинг уртасидаги C нуқтага тарози палласи осиб қўйилган. Тарози палласига юк қўйилса,

стерженьнинг уртаси олдингидайдиган бир оз эгилади. Стерженьнинг аввалги ҳолатига нисбатан эгилиш миқдори унинг эгилиш стреласи дейилади.

Эгилиш стреласи λ ҳарфи билан белгиланади.

Физика курсидан маълумки, эгилиш стреласи λ қўйилган юк (P) га ва стержень узунлигининг кубин (l^3) га туғри пропорционал бўлиб, унинг эни (a) га, қалинлигининг кубин (b^3) га ва стержень

ясалган материалнинг Юнг модулига тескари пропорционалдир, яъни

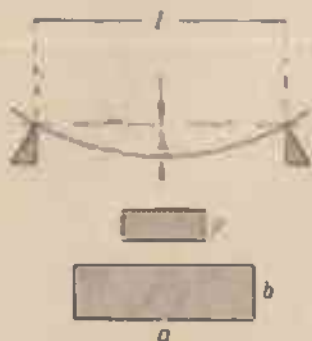
$$\lambda = \frac{\kappa F l^3}{ab^3 E} \quad (1)$$

Биз ишлатган қурулма учун $k = \frac{1}{3}$ бўлгани туфайли (1) ни қуйидагича ёза оламиз:

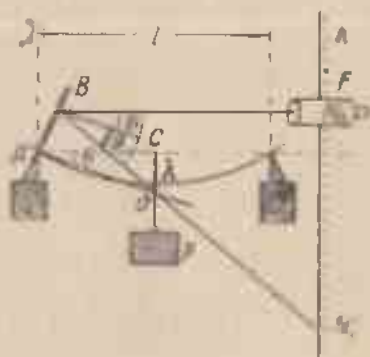
$$\lambda = \frac{P l^3}{48 E I} \quad (2)$$

Бундан:

$$E = \frac{P l^3}{48 \lambda I} = \frac{\kappa F}{48 \lambda} \quad (3)$$



24- расм.



25- расм.

Улчаш. Эгилниш стреласини аниқ улчаш учун оптик труба ишлатилади. Оптик труба объективи олдида рақамлари тескари ёзилган шкала (KN_1) тикка қўйилади.

Оптик трубани фокуслагандан сунг, шкаланинг акси кўзгудан қайтиб труба ичидан қўринади.

Буни текшириб қуриш учун схема (25- расм) чизамиз:

AA' — вертикал шкала, F — оптик труба, B — кўзгу, D — кўзгу билан шкала орасидаги масофа, l — стержень таяниб турган нуқта-талар орасидаги масофа, N_1, N_2 — шкала рақамлари, $n = N_2 - N_1$ миқдор P юк қўйилгандан сунг шкаланинг тасвири неча бўлимга силжиганини курсатади.

Назариянинг курсатишнча,

$$l = \frac{3}{2} \lambda$$

Схемадаги ACO учбурчакдан:

$$\frac{AC}{AO} = \frac{l}{2} = \frac{3}{2} \lambda$$

Демак,

$$\sin \theta = \frac{3\lambda}{2l} \quad (4)$$

Энди юқоридаги схеманинг $N_1 B N_2$ учбурчагидан:

$$\operatorname{tg} 2\theta = \frac{N_1 B_2}{N N_2} = \frac{n}{D}.$$

Демак,

$$\operatorname{tg} 2\theta = \frac{n}{D}. \quad (5)$$

0 бурчак жуда кичик бўлгани учун $\operatorname{tg} \theta = \theta$ деб олиш мумкин. Шунинг учун $\operatorname{tg} 2\theta \approx 2\theta$. Демак:

$$2\theta = \frac{n}{D}, \quad \text{бундан} \quad \theta = \frac{n}{2D}. \quad (6)$$

(4) дан эса,

$$\theta = \frac{3\lambda}{2l}. \quad (7)$$

(6) ва (7) тенгламаларнинг чап томонлари тенг бўлгани учун унги томонлари ҳам тенгдир. Шунинг учун:

$$\frac{n}{2D} = \frac{3\lambda}{2l}.$$

бундан

$$\lambda = \frac{n l}{3D}. \quad (8)$$

λ нинг бу қийматини (3) тенгламага қўйсак,

$$E = \frac{P^2}{2ab^2n} = \frac{3P^2 D}{2ab^2 n}.$$

ёки

$$E = \frac{3P^2 D}{2ab^2 n}. \quad (9)$$

Ишнинг бажарилиши

1. Асбобни шундай урнатиш керакки, оптик труба ни фокусга келтиргандан кейин KV шкаладаги рақамлар B кузгудан акс этиб, оптик труба ичида яхши куринадиган бўлсин.

2. Труба ичида куринган рақам (N_0) ёзиб олинади.

3. C нуктага осилган паллага аввал 50 г тош қуйилса, труба-нинг ичида шкаланинг бошқа рақами (N_1) куринади. Рақам тасвири $n_1 = N_1 - N_0$ булимга силжиган бўлади.

4. Кузгудан шкалагача бўлган D масофа чизгич ёки рулетка билан ўлчаб олинади.

5. Стерженьнинг эни (a) ва қалинлиги (b) штангенциркуль билан ўлчанади.

6. Стержень таяниб турган нуқталар орасидаги l масофа ҳам ўлчаб қўйилади.

7. **Ҳисоб** топилган миқдорларнинг ҳаммасини (9) тенгламага қўйиб Юнг модули E топилади.

Тажриба номери	P	Δ	h	D	α	β	γ
1- тажриба							
2- тажриба							
							уртача E

С нуқтага осылган паллага 100 г, 150 г, 200 г, 250 г ва 300 г юклар қўйиб тажрибани такрорлаш ва Юнг модулининг уртача қийматини топиш лозим. Шунингдек, бу ишда абсолют ва нисбий хатоларни ҳисоблаб топиш лозим.

10- иш. Суюқликларнинг солиштирма оғирлигини туташ идишлар ёрдамида аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) туташ идиш, 2) катетометр 3) симоб, 4) сув. 5) текшириладиган суюқликлар.

Иш туғрисида тушунча

Туташ идишларга қуйилган суюқликлар гидростатик босим беради (26-расм). Туташ идишларнинг иккала тармоғидаги босим тенг булганда

$$h_0 d_0 = h_1 d_1 \quad (1)$$

Агар устунининг баландлиги h_1 булган суюқликнинг (масалан, сувнинг) солиштирма оғирлиги d_1 булса, (1) тенглама ёрдами билан идишнинг иккинчи тармоғидаги суюқликнинг солиштирма оғирлигини осон топиш мумкин.

Суюқликларнинг солиштирма оғирлигини шу усул билан аниқлашда бир-бирига аралашиб кетмайдиган икки хил суюқлик олиш керак. Масалан, сув билан мой, сув билан керосин ва шу кабиларни олиш мумкин.

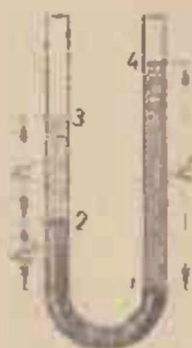
Агар бирор эритманинг (масалан, бирон модданинг сувдаги эритмасининг) солиштирма оғирлигини аниқлаш лозим булса, унда эритма билан тоза сув бир-биридан симоб пробка билан ажратиб қўйилади (27-расм). Бу ҳолда гидростатик босимларнинг мувозанат шarti қуйидагича ифодаланади:

$$h_1 d_1 + h_0 d_0 = h_2 d_2 \quad (2)$$

буидаги h_0 — симоб устунининг баландлиги; d_0 — симобнинг солиштирма оғирлиги.



26- расм.



27- расм.

Суyoқлик устунининг баландлигини масштабни чизғич билан аниқлаб булмайди. Суyoқлик устунининг баландлигини катетометр билан улчаган яхши, чунки бунда улчаш натижаси аниқ булади. Суyoқлик баландлигини улчашни осонлаштириши мақсадида асбоб орақасига экран қўйилади.

Катетометрнинг тузилиши ва ростлаб урнатилиши

Жисмларнинг икки нуқтаси орасидаги вертикал масофа катетометр (28-расм) билан улчанади. Катетометр уч оёқли тағлик — асосга ўрнатилган вертикал A шкаладан иборат. Нониусли C рама вертикал масштаб бўйлаб силжиб юради. Рама вертикал шкала бўйлаб K микрометрик винт ёрдамида оз-оздан силжитилиди. Рама вертикал шкаланинг истаган жойига K_1 винт билан маҳкамлаб қўйилади. C рамага обтарозили (адилак) оптик труба ўрнатилган. Масштабни линейка, C рама ва оптик труба биргаликда вертикал ўқ теваарагида айлана блади. Катетометр ишга бундай тайёрланади: оптик труба адилагидаги ҳаво пуфакчасига қараб K_2 винт ёрдамида оптик труба горизонтал вазиятга келтирилади. Сунгра, катетометрни вертикал ўқ атрофида айлантириб, яна адилак ёрдамида масштабни линейканинг вертикал ё вертикал эмаслиги текширилади. Агар асбобни айлантирганда адилак пуфакчаси узининг аввалги жойидан силжиган бўлса, масштабни чизғич вертикал ҳолатдан оғишган булади. Бундай булганда асбоб тағликдаги s винтлар ва адилак ёрдамида вертикал вазиятга келтирилади. Катетометрнинг масштабни чизғичини вертикал ва оптик трубасини горизонтал вазиятга келтиргандан сунг улчашни бошлаш мумкин.



28-расм.

Масалан, A нуқта билан B нуқта орасидаги вертикал масофани аниқлаш керак бўлсин (29-расм).

Оптик трубанинг устидан қараб, уни бу нуқталарнинг бирига, масалан, B нуқтага тахминан тугрилаймиз.

Сунгра оптик трубанинг ичидан қараб туриб микрометрик винтни бураймиз ва масштабни чизғичини вертикал ўқ атрофида айлантира бериб, труба ичидаги икки чизиқчанинг кесишган нуқтасини B

нуқтага тугриланмиз. Кейин трубани маҳкамлаб масштабни чизғич-нинг курсатган α , рақами ёзиб олинади.

Труба ичидаги икки чизикчанинг маркази худди шу йул билан A нуқтага тугриланиб, унинг ҳолати β ни масштабни чизғичдан ёзиб оламиз.

Шундай қилиб, n_2 ва n_1 микдорларнинг айирмаси A нуқтанинг B нуқтага нисбатан қанча баландда турганлигини кўрсатади, яъни

$$n_2 - n_1 = h$$

Ишнинг бажарилиши

Туташ идишларнинг бир тармоғига сувдан енгилроқ бирор суюқлик, масалан, керосин солинади. Катетометрни туғрилаб урнатиб, туташ идишлардаги суюқликларнинг (27-расм) 1, 2 ва 3 рақамлари билан белгиланган нуқталарининг вазияти аниқланади.



27-расм.

Бундан 1 нуқтага нисбатан 2 нуқтанинг ва 3 нуқтанинг h_1 ва h_2 баландлиги топилади. Бу тажрибани бир неча марта такрорлаш керак. Суюқликлардан бирининг солиштирма оғирлиги, масалан, d_1 маълум. h_1 ва h_2 баландликларнинг топилган қийматларини (1) тенгламага қўйиб, иккинчи суюқликнинг d_2 солиштирма оғирлигини ҳисоблаб чиқариш керак. Бунда бошқа бир туташ идиш олиш ёки юқорида айтилган симоб пробкадан фойдаланиб, шу идишнинг узини (албатта, ҳар гал ювиб тозалаб) ишлатиш мумкин. Идишнинг бир тармоғига сув, иккинчи тармоғига бирор модданинг сувдаги эритмаси солинади. Сунгра туташ идишдаги (27-расм) суюқликларга тегишли 4 та нуқтанинг, яъни 1, 2, 3 ва 4 нуқталарининг вазияти катетометр билан белгиланади. Катетометр вертикал шкаласида бу нуқталарга мос n_1 , n_2 , n_3 ва n_4 рақамларга қараб, h_0 , h_1 ва h_2 баландликларнинг қиймати топилади. Симобнинг солиштирма оғирлиги d_1 ва сувнинг солиштирма оғирлиги d_2 маълум бўлганлиги учун, (2) тенгламадан эритманинг d_2 солиштирма оғирлигини ҳисоблаб топамиз. Бу тажрибани ҳам бир неча марта такрорлаб, d_2 солиштирма оғирликнинг ўртачасини олиш керак. Тажриба натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади:

Тажриба номери	Сувнинг солиштирма оғирлиги, d_1	Симобнинг солиштирма оғирлиги, d_2	n_1	n_2	n_3	n_4	Эритманинг солиштирма оғирлиги, d_2
1- тажриба							
2- тажриба							
.....							

Эслатма: симоб билан сувнинг солиштирма оғирлигини лабораториянинг температурасига қараб китоб охиридаги жадвалдан ёзиб олиш керак.

11-иш. Суюқликларнинг солиштирма оғирлигини пикнометр билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) пикнометр, 2) аналитик тарозини тошлар (яхши техник тарозини шлатса ҳам бўлади), 3) текшириладиган суюқлик қуйилган идиш, 4) термометр, 5) дистилланган сув, 6) филтр қоғоз.

Пикнометр (30-расм) кичкина шиша идиш бўлиб, ҳажми сиртига см^3 ҳисобида ёзиб қуйилади. Пикнометрнинг шакли хилма-хил бўлади. 30-расмда шар шаклидаги пикнометр курсатилган. Пикнометрлар кўпинча шишадан ясалади, чунки шиша химиявий жиҳатдан унча актив эмас.

Пикнометрга солинган суюқликнинг оғирлиги P , ҳажми V бўлса, унинг солиштирма оғирлиги d тубандагича ифодаланади:

$$d = \frac{P}{V}.$$

(1)



30-расм.

Ишлаш йули. 1. Аналитик тарозининг ноль нуқтасини топиб, ичи ва сирти яхшилаб қуритилган буш пикнометрнинг оғирлиги аниқланади. Пикнометр оғирлигига юқли тарозининг сезгирлигини эътиборга олиб тузатма киритиш лозим.

2. Пикнометрга текшириладиган суюқликни қуйиб, уни тарозинда тортиш керак.

3. Пикнометрдаги суюқликни бошқа идишга олиб, пикнометрни тозалайдиган сув, ичига дистилланган сув қуйиш ва яна аналитик тарозинда тортиш керак.

Ҳисоблаш. 1. Агар буш пикнометрнинг оғирлиги p ва ичидаги суюқлик билан биргаликдаги оғирлиги P_1 бўлса, суюқликнинг оғирлиги ($P_1 - p$) бўлади.

2. Пикнометрнинг дистилланган сувга лиқ тулдирилгандаги оғирлиги Q бўлса, ичидаги сувнинг оғирлиги ($Q - p$) бўлади.

Температура эътиборга олинмаса, сувнинг граммлар ҳисобидаги оғирлиги сон жиҳатидан уша сувнинг см^3 ҳисобидаги ҳажмига тенг бўлади, шунинг учун пикнометрнинг ички v ҳажми (сигими) сон жиҳатидан ($Q - p$) га тенг, яъни $v = Q - p$.

3. Текшириладиган суюқликнинг d солиштирма оғирлигини топиш учун (1) тенгламани қуйидаги шаклга келтирамыз:

$$d = \frac{P_1 - p}{Q - p}.$$

(2)

(2) тенгламага миқдорларнинг тажрибадан топилган қийматларини қуйиб, тегишли ҳисоблашларни бажариш керак бўлади.

4. (2) тенглама фақат тахминий натижа беради, чунки бу тажрибада муайян температурада жисмларнинг (суюқлик ва идишнинг) Архимед қонунига мувофиқ ҳавода камайдиган оғирлиги эътиборга олинмаган.

Агар пикнометрининг ички ҳажми v , тажриба вақтидаги босим ва температурада ҳавонинг солиштирма оғирлиги λ бўлса, суюқликнинг ҳавода камайдиган оғирлиги $v\lambda$ бўлади.

Демак, текширилаётган суюқликнинг бушлиқдаги оғирлиги

$$P_1 - p = v\lambda,$$

шунингдек, сувнинг оғирлиги

$$Q - p = v\lambda$$

бўлади.

Агар тажриба вақтидаги температурада сувнинг солиштирма оғирлиги δ бўлса, тоза сувнинг оғирлиги $\delta v = Q - p + v\lambda$, ёки

$$v\delta - v\lambda = Q - p,$$

бундан:

$$v = \frac{Q - p}{\delta - \lambda}. \quad (3)$$

(2) тенгламага тузатма киртилса:

$$d = \frac{P_1 - p}{Q - p + v\lambda} \delta. \quad (4)$$

Агар (3) тенгламадан v нинг қиймати (4) га қўйилса:

$$d = \frac{P_1 - p}{Q - p + \frac{Q - p}{\delta - \lambda} \lambda} \delta$$

ёки

$$d = \frac{P_1 - p}{Q - p} (\delta - \lambda) + \lambda. \quad (5)$$

(5) тенглама аниқроқ натижа беради.

Эслатма: (5) формуладаги δ ва λ ларнинг қийматлари физик константалар жадвалидан олинади.

Улчаш натижаларининг нисбий хатоси ҳисобланади.

12-иш. Суюқликларнинг солиштирма оғирлигини Вестфаль тарозиси ёрдами билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) Вестфаль тарозиси, 2) тақа шаклида бўлган тарози тошлари, 3) сузгич сифатида ишлатиладиган термометр, 4) шиша цилиндр, 5) пинцет, 6) текширилайдиган суюқлик қўйилган идишлар.

Вестфаль тарозиси цилиндрик L устунча ва M шайин, сузгич-термометр, тарози тошлари ва шиша цилиндрдан иборат. Тарозининг устки $M\lambda$ қисмини L устунда кутариб ёки пасайтириб қўйиш

мумкин. I устивдаги P винт тарозининг устки қисмини муайян бўлидиганда тутиб туради. Тарозининг M уртасида ва илмоқ осилдиган жойда призмалар бўлади.

M шайин елкалари тенг бўлмаган рычаг бўлиб, уртасидаги призма ёрдамида тагликларига таялиб туради. Бу шайиннинг бир елкаси тенг 10 бўлимга бўлиниб, иккинчи елкасининг учига цилиндр шаклидаги қушимча юк урнатилади бўлади. Шайиндаги чизиқлар устига учбурчак шаклида чуқурчалар қилинган бўлиб, бу чуқурчаларга тарози тошлари қўйилади.

Иш вақтида шайиннинг бу юк-ли елкаси ёй томонига қўйилади.

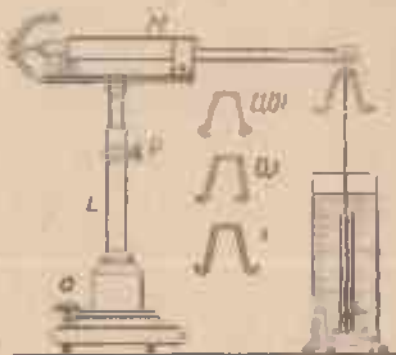
Шиша сузгични шайиннинг иккинчи елкасига илганда тарози мувозанатда бўлиши, яъни шайин горизонтал туриши лозим. Шайиннинг горизонталлигини ёйдаги ва шайиндаги тилларнинг бир-бирига тўғри келишидан билиш мумкин. Агар тиллар бир-бирига тўғри келмаса тарози турган стол горизонтал бўлмаган бўлади; бунда a винт ёрдамида тарозини горизонтал ҳолга келтириш керак бўлади. Бу тарозининг тошлари тақа шаклида бўлиб, энг каттасининг оғирлиги сузгичнинг (термометрнинг) дистилланган сувда камайган оғирлигига тенг бўлади. Тарозида иккита катта тош ва бу тошларнинг 0,1 ва 0,01 қисмига тенг бўлган яна иккита кичик тоши ҳам бўлади. Ҳаммаси бўлиб 6 та тош бор.

Бу тошларни тарози елкасининг илмоғига илмасдан унинг биринчи чизиғи устига қўйилса, тош уз таъсирини 10 марта камайтиради.

Ишнинг бажарилиши. 1. Тарозининг бутун қисмларини расмга мувофиқ йиғиб, сузгични шайиндаги илмоққа илгандан сўнг a винт ёрдамида тарозини (зарур бўлса) мувозанатга келтириш керак.

2. Стаканга дистилланган сув солиб, сузгич сувга ботирилади. Бунда сузгич стакан деворларига тегмаслиги лозим, сувга ботирилганда сузгич-термометрнинг оғирлиги камайиб тарозининг мувозанати бузилади. Тақа шаклидаги тошларни шайинга илиб, тарози мувозанатга келтирилади (бунда катта тошнинг биттаси шайинга илинганда тарози мувозанатга келади). Қўйилган тошларнинг оғирлиги сузгич оғирлигининг сувда камайган қисмига тенгдир.

3. Энди бошқа бир цилиндр шиша идишга (ёки ўша идишнинг узки тозалаб) текшириладиган суюқликни қўйиб, унга сузгични ботириш ва шайинни тошлар билан яна мувозанатга келтириш керак. Бутун тошлар оғирликларининг йиғиндиси сузгич оғирлигининг

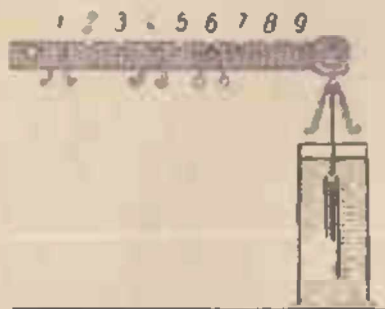


31- расм.

суюқликда камайишига тенгдир. Агар тошлар 32-расмда курсатилгандек қуйилган булса, тошларнинг оғирлиги:

$$1 + 0,1 + 0,04 + 0,006 = 1,146 \text{ Г булади.}$$

Ҳисоблаш. Сузгичнинг ҳажмини v билан, сувнинг солиштирма оғирлигини d билан, текшириладиган суюқликнинг солиштирма оғирлигини d_0 билан белгиласак, сузгич оғирлигининг сувда камайиши $p_0 = vd_0$ ва p_0 камайиши $p = vd$ булади. Бу икки тенгликни бир-бирига ҳадма-ҳад булсак,



32- расм.

$$d = \frac{p}{p_0} d_0$$

Лекин сувнинг солиштирма оғирлиги $d_0 = 1 \frac{\text{Г}}{\text{см}^3}$, шунинг учун юқоридаги ифода қуйидаги шаклга келади:

$$d = \frac{p}{p_0} \quad (1)$$

Демак, суюқликнинг солиштирма оғирлиги сузгичнинг суюқликда камайган оғирлигининг сувда камайган оғирлигига нисбатига тенг экан.

Ҳар қандай суюқликнинг солиштирма оғирлигини (1) формула ёрдами билан топиш мумкин.

Текшириш учун 20 % ли ош тузи эритмасини оламиз. Бу эритманинг солиштирма оғирлиги юқоридаги усул билан топилади. Сунгра эритмага маълум миқдор тоза сув қуйиб, у 16 % ли эритмага айлантирилади.

Бу солинадиган сувнинг миқдорини тубандагича топамиз: Агар 100 грамм эритма ичида 20 грамм туз булса, унга x грамм сув қушилганда ҳар 100 грамм эритмада 16 грамм туз қолади, яъни қуйидаги пропорция ҳосил булади:

$$\begin{aligned} 16 &= 100 \\ 20 &= 100 + x \\ x &= \frac{20 \cdot 100}{16} - 100 = 25 \text{ г.} \end{aligned}$$

16 % ли бу эритманинг солиштирма оғирлиги ҳам юқоридаги усул билан топилади.

Сунгра, 12 %, 8 %, 6 %, 4 % ва 2 % ли эритмалар ҳосил қилиб, уларнинг солиштирма оғирлиги ҳам юқоридаги йул билан топилади.

Чиққан натижаларга асосан график тузилади. Агар абсциссалар уқида концентрация қийматлари ва ординаталар уқида солиштирма оғирлик қийматлари муайян масштаб билан белгиланса, график чизиш осон булади (1 см ни $0,01 \frac{\text{Г}}{\text{см}^3}$ га баробар деб оламиз).

13- иш. Қаттиқ жисмларнинг солиштирма оғирлигини гидростатик тортиш усули билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) шайша тарози, 2) таро-
зи тиллари, 3) стакан тагига қўйиладиган курси, 4) тоза сув, 5) шиша цилиндр.
6) ичлиги топиладиган қаттиқ жисмлар.

Иш туғрисида тушунча

Қаттиқ жисмнинг

$$d = \frac{P_1}{V} \quad (1)$$

солиштирма оғирлигини топиш учун унинг P_1 оғирлигини ва V ҳажмини ўлчаб топиш керак.

Жисмнинг оғирлиги тарозида тортиб топилади. Муайян геомет-
рик шаклга эга бўлмаган қаттиқ жисмларнинг ҳажмини оддий ўл-
чов асбоблари билан ўлчаш қийин. Шунинг учун ҳам бундай қат-
тиқ жисмларнинг ҳажмини топишда Архимед қонунидан фойдала-
нилади. Бунинг учун қаттиқ жисмни аввал ҳавода, сўнгга дистил-
ланган сувга ботириб тортиш керак. Жисмнинг оғирлиги ҳавода
 P_1 ва сувда P_2 бўлсин деб фарз қилайлик. Архимед қонунига асо-
сан, қаттиқ жисм оғирлигининг сувда камайиши $P_1 - P_2$ шу жисм
сиқиб чиқарган сувнинг δV оғирлигига тенг бўлади:

$$\delta V = P_1 - P_2 \quad (2)$$

Бу тенгликдаги δ — сувнинг уй температурасидаги солиштирма
оғирлиги.

(2) тенгликдан

$$V = \frac{P_1 - P_2}{\delta} \quad (3)$$

V ҳажмнинг бу ифодасини (1) га қўйиб, қуйидаги тенгликни
ҳосил қиламиз:

$$d = \frac{P_1}{V} = \frac{P_1 \delta}{P_1 - P_2} \quad (4)$$

Жисм ҳавода ҳам ўз оғирлигининг бир қисmini йўқотади. Ма-
на шунини ҳисобга олиб, (4) га тузатма киритамиз.

Агар қаттиқ жисмнинг солиштирма оғирлиги бушлиқда d_0 бўл-
са, ҳавода ($d_0 - \lambda$) бўлади, бундаги λ — ҳавонинг солиштирма оғир-
лиги. Шунга ўхшаш сувнинг ҳам солиштирма оғирлиги ҳавода
($\delta_0 - \lambda$) бўлади.

Шундай қилиб, тегишли тузатмаларни киргизгандан сўнг (4)
тенглик тубандигича ёзилади:

$$d_0 - \lambda = \frac{P_1}{P_1 - P_2} (\delta_0 - \lambda),$$

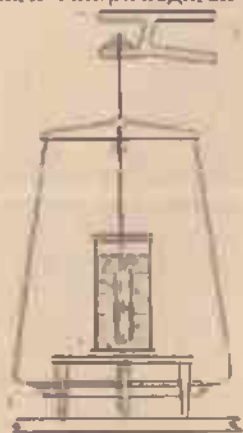
буидан

$$d_0 = \frac{r}{r_0 - r_0} (\delta_0 - \lambda) + \lambda. \quad (5)$$

Ҳавонинг солиштирма оғирлигини $0,0012 \text{ Г/см}^3$ деб олиш мумкин.

Ишни бажариш тартиби

Буш тарозининг мувозанат нуқтаси топилади. Солиштирма оғирлиги аниқланадиган жисми оғирлиги маълум булган ингичка сим билан тарозининг бир томониға осиб, жисмининг ҳаводаги P_0 оғирлиги топилади (33-расм).



33-расм

Сунгра, қаттиқ жисм курси устида турган стакандаги дистилланган сувға ботирилиб сувдаги P_1 оғирлиги топилади.

Тажриба утказилаётган уй температурасидаги сувнинг солиштирма оғирлиги китоб охиридаги жадвалдан олинади. Ҳавонинг солиштирма оғирлигини тахминан $0,0012 \text{ Г/см}^3$ деб ҳисоблаб, (5) тенгламадан қаттиқ жисмининг солиштирма оғирлиги d_0 топилади.

Бу ишни бир неча марта такрорлаб, натижанинг уртача қиймати ва улчаш хатолари ҳисоблансин.

14-иш. Суюқликнинг қовушоқлик коэффициентини Стокс усули билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) баландлиги 40—50 см келадиган шиша цилиндр, 2) секундомер, 3) ёпишқоқлиги (қовушоқлиги) катта булган суюқлик, 4) 0,5—1,0 мм радиусли пулат шарча, 5) микрометр.

Иш туғрисида тушунча. Қаттиқ жисм ёпишқоқ суюқлик ичида узғармас куч таъсирида ҳаракатланганда узига яқин булган суюқлик қатламларини эргаштириб кетади. Ҳаракатланаётган жисмга яқин қатлам уз навбатида узига қўшни қатламларни эргаштириб кетади. Шу тарзда суюқликнинг ҳаракатдаги қаттиқ жисмдан энг узоқдаги қатлами ҳам силжийди.

Суюқлик қатламларини ҳаракатга келтириш ва унинг ички шиқаланишини енгил учун маълум иш бажарилади. Шунинг учун ҳаракатдаги қаттиқ жисм тезланишини йўқотиб, текис ҳаракатга утади. Стокс суюқлик ичига туширилган кичик шарчалар текис ҳаракатининг v тезлиги таъсир этувчи F кучга, суюқликнинг қовушоқлик коэффициентини η га ва шарчанинг r радиусига боғлиқлигини аниқлаган:

$$v = \frac{1}{6\pi} \cdot \frac{F}{r\eta} \quad (1)$$

Агар шарча огирлик кучи таъсири билан ҳаракатланса, у вақтда шарчага таъсир этувчи куч шарчанинг суюқлик ичидаги огирлигига тенг бўлади:

$$F = mg - P, \quad (2)$$

бундаги P — шарча ҳажмига тенг бўлган суюқлик огирлиги, m — шарчанинг массаси, g — огирлик кучининг тезланиши. Шарчанинг zichлигини d билан, суюқликнинг zichлигини δ билан белгиласак, (2) ни қуйдагича ёза оламиз:

$$F = \frac{4}{3} \pi r^3 d g - \frac{4}{3} \pi r^3 \delta g = \frac{4}{3} \pi r^3 g (d - \delta). \quad (3)$$

F нинг бу ифодасини (1) га қўямиз:

$$v = \frac{2}{9} \frac{d - \delta}{\eta} r^2 g.$$

бундан

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{d - \delta}{v} r^2 g. \quad (4)$$

Шундай қилиб, суюқликнинг қовушоқлик коэффициентини аниқлаш суюқлик ичидаги шарчанинг текис ҳаракати тезлигини аниқлашга келтирилди, чунки (4) даги бошқа катталикларнинг қийматлари жадваллардан олинади, шарчанинг диаметри эса микрометр билан ўлчаб топилади. Ёпишқоқлик коэффициентининг ўлчов бирлиги сифатида «пуаз» ишлатилади. 1 пуаз — $1 \frac{\text{г}}{\text{см} \cdot \text{сек}}$

Суюқликлар температурасининг ошishi билан уларнинг ёпишқоқлик коэффициенти жуда тез камаяди. Масалан, 0°C да глицериннинг қовушоқлик коэффициенти $\eta = 46$ пуаз, 20°C да $\eta = 8,5$ пуаз бўлади.

Асбобнинг тузилиши

Шиша цилиндр идиш ичига 30—40 см баландликкача текис-риладиган суюқлик солинади. Бу идишдаги суюқлик ичига ташиланган пулат шарча 5—8 см гача текис тезланувчан ҳаракат қилиб, кейин текис ҳаракатга ўтади. Идишнинг маъна шу жойига a чизик чизилган. Ундан бир оз пастрокка b чизик чизилган.

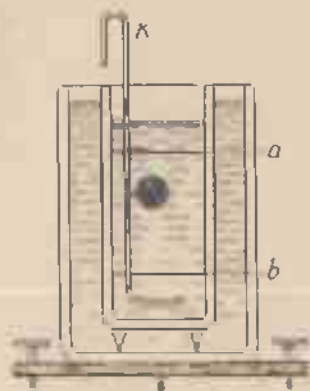
Шарча a чизикқа келганда секундомер ишлатиб юборилади. Шарча b чизикқа келганда эса секундомер тўхтатилади. a ва b нинг оралигини z , шарчанинг бу йўлни босиб ўтиши учун ўтган вақтини t десак, шарчанинг тезлиги:

$$v = \frac{z}{t} \quad (5)$$

Бу тажриба қандай температурада бажарилганлигини билиш учун суюқликка термометр ҳам қўйилади. Тажрибани дар ҳил температурада қилиш учун шиша цилиндр бошқа бир идишдаги сувга бо-

тирилади (34-расм), бу идишдаги сувнинг температурасини ўзгартириб туриш мумкин.

Тажриба натижасида топишган ёпишқоқлик коэффициентининг нисбий хатоси ҳисоблансин.



34- расм.

15- иш. Суюқликнинг ички ишқаланиш коэффициентини Пуазейл методи билан улчаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) 36-расмда кўрсатилган қурилма, 2) термометр, 3) тарози ва тарози тошлари, 4) текшириладиган суюқлик қуйилган идиш, 5) секундомер.

Иш туғрисида тушунча. Капилляр найча бўйича оқаятган суюқликнинг тезлигини улчаш йули билан унинг ички ишқаланиш коэффициентини аниқлаш мумкин.

Цилиндр шаклидаги кенг шиша идишга солинган суюқликнинг h баландлиги ўзгармасин деб фараз қилайлик (36-расм). Бу идишнинг тубига капилляр найча вертикал ўрнатилган бўлиб, унинг идишдан ташқаридаги учига тиқин тикилган. Тиқин олингандан сўнг суюқлик капилляр найча бўйича оқа бошлади.



35- расм.

Капилляр найча анча кенг бўлганда суюқликнинг оқишини барқарор деб қараш мумкин. Бунда суюқликнинг ҳар бир заррачаси найча ўқиға параллел равишда ўзгармас тезлик билан оқади.

Бу идишдаги суюқликнинг цилиндр шаклидаги бир бўлаги ажратиб олинган деб фараз қилайлик (35-расм). Бу цилиндрнинг ўқи капилляр найча ўқи билан устма-уст тушади дейлик. Цилиндрнинг баландлигини h билан, асосининг радиусини r билан белгилейлик.

Агар суюқлик билан най девори орасида ишқаланиш булмаса, суюқликнинг оқиш тезлиги найнинг деворидан уқига томон ушиб боради. Цилиндр эгри сиртининг юз бирлигига туғри келадиган потенциал кучланиш қуйидагича булади:

$$-2\pi r \lambda \eta \frac{dv}{dr}.$$

Суюқлик идиш уқига параллел ҳаракатланганлиги учун босим найнинг кундаланг кесими бўйича узгармас булиши керак.

Агар цилиндрнинг юқориги ва пастки учларига босим P_1 ва P_2 булса, шу юзлардаги тула босим кучлари $\pi r^2 P_1$ ва $\pi r^2 P_2$ булади. Суюқлик цилиндрнинг оғирлиги: $\pi r^2 \lambda \delta g$, бунда δ — суюқликнинг ичлиги.

Суюқлик тезланишсиз оққанидан юзларга таъсир этувчи кучларнинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг булади:

$$2\pi r \lambda \eta \frac{dv}{dr} + (P_1 + P_2) \pi r^3 + \pi r^2 \lambda \delta g = 0.$$

Ёки

$$\frac{dv}{dr} = -\frac{r}{4\eta} \left(\frac{P_1 + P_2}{r} + \lambda \delta g \right). \quad (1)$$

Бундаги $\frac{P_1 + P_2}{r}$ — босимнинг узунлик бирлигидаги узгариши. Бу узгариш найчанинг бутун узунлиги бўйича доимийдир. Суюқликни найчадан оқишга мажбур қилувчи босим атмосфера босимидан $h \delta g$ қадар каттадир.

Шундай қилиб,

$$\frac{r_1 - r_2}{\lambda} = \frac{v_1 - v_2}{v} \quad (2)$$

l — капилляр найчанинг узунлиги. (2) га асосан (1) ни қуйидагича ёзамиз:

$$\frac{dv}{dr} = -\frac{r}{4\eta} \left(\frac{h + l}{r} \delta g \right).$$

Бу дифференциал тенгламани ечиб, суюқликнинг оқиш тезлигини топамиз:

$$v = -\frac{r^2 (h + l)}{4\eta l} \delta g + C.$$

Бу ердаги интеграллаш доимийси C ни қуйидаги бошланғич шартдан топамиз: $r = a$ булганда $v = 0$; шунинг учун

$$C = \frac{a^2}{4\eta} \frac{h + l}{l} \delta g.$$

Натижада

$$v = \frac{2\pi r^2 \rho \omega}{4\eta} \cdot \frac{1}{L} \cdot \Delta g. \quad (3)$$

Ичма-ич қуйилган ва радиуслари r ва $r + dr$ булган икки цилиндр орасидаги ҳалқасимон сиртдан t вақт ичида оқиб утган суюқлик ҳажми:

$$2\pi r dr \omega \cdot t,$$

бундаги v ўрнига унинг (3) ифодасини қўямиз:

$$\frac{2\pi r^2 \rho \omega}{4\eta} \cdot \frac{1}{L} \cdot \Delta g (h^2 - r^2) dr.$$

Найча орқали t вақт ичида оқиб утган суюқликнинг ҳажми қуйидагича ифодаланади:

$$V = \frac{\pi \rho^2 t (h + l)}{4\eta} \Delta g.$$

бундан

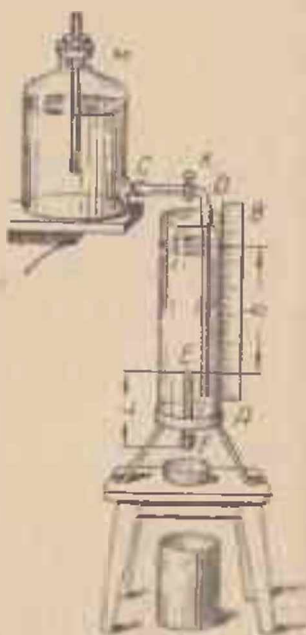
$$\eta = \frac{\pi \rho^2 t (h + l)}{4V} \Delta g.$$

Асбобнинг тузилиши

Цилиндр шаклидаги AB идишининг тубига шу идиш укига параллел килиб EF капилляр найча ўрнатилган (36-расм). Мариотт идиши деб аталадиган M идишдан AB идишга K жумракли CD найча туширилган. EF найчанинг тикинини олганда сув оқа бошлайди. Бунда AB идишдаги суюқликнинг h баландлиги узгармаслиги учун EF найчанинг тикинини олиш билан бир вақтда K жумракни ҳам очиш керак. EF капилляр найчадан оқаётган сув стаканга тушади, оқиш муддати белгиланади.

AB идишдаги суюқликнинг баландлиги h унинг деворига ёндаштирилган маҳсус шкала ёрдамида ўлчанади.

AB идишдаги сувнинг температураси термометр билан ўлчанади. Агар l ва a микдорларни cm ҳисобида, δ ни g/cm^3 ҳисобида, η ни cm^2/sec ҳисобида, V ни cm^3 ҳисобида ифодаласак, тезлик градиенти l га тенг булганда, η нинг ўлчов бирлиги $\frac{cm^2}{sec}$ булади.



36-расм.

Ички ишқаланиш коэффициенти (ёпишқоқлик коэффициенти) оғир температураларда тез ўзгарганлиги сабабли суюқликнинг температурасини аниқ ўлчаб туриш керак.

Ишнинг бажарилиши

Қуруқ стаканни тарозида тортиб оғирлигини аниқлагандан сўнг EF найча остига қўйиш керак. Сўнгра K жумракни очиш билан бир вақтда EF найчанинг тикини олинади, шу пайтда секундомер ҳам юргизилади. Бир оздан сўнг секундомер тўхтатилиб, стакан ҳам EF найчага олинади. Стаканга оқиб тушган суюқликнинг ҳажми аниқланади, оқиб туриш вақти эса секундомерга қараб топилади.

Сувнинг δ зичлиги температурага қараб жадвалдан олинади. Буларнинг ҳаммасини қуйидаги формулага қўйиб, η топилади:

$$\eta = \frac{\pi a^2 l h}{V} \frac{1}{t} \frac{1}{\delta}$$

Тажрибани AB идишдаги сувнинг h баландлигини ҳар хил қилиб олиб, бир неча марта такрорлаб, натижаларнинг ўртачаси аниқлансин ва абсолют ҳамда нисбий хатолар ҳисоблансин.

16-иш. Тебранишлар сўнишининг логарифмик декрементини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) буралма маятник, 2) оптик шкала, 3) шкала, 4) туғри магнит.

Иш туғрисида тушунча

Вақт ўтиши билан амплитудаси камайиб борадиган тебранишлар сўнувчи тебранишлар дейилади. Сўниш ҳодисаси маятник ҳаракати қаршиликка дуч келганда юз беради. Тебранишларнинг сўнишида асосан ҳавонинг қаршилиги катта роль ўйнайди. Агар тебранишлар амплитудалари $a_1, a_2, a_3, a_4 \dots$ бўлса, сўнувчи тебранишда $a_1 > a_2 > a_3 > a_4 \dots$ бўлади.

Ҳар бир амплитуданинг ўзидан кейинги амплитудага нисбати ўзгармас миқдордир:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{a_2}{a_3} = \frac{a_3}{a_4} = \dots = e^{\delta T} = k. \quad (1)$$

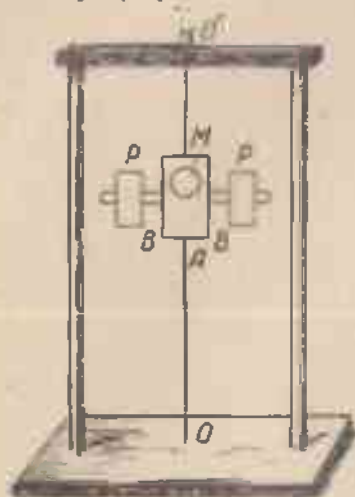
δT катталик сўнишнинг логарифмик декременти дейилади. Амалда купинча декрементнинг логарифмидан фойдаланилади. Логарифмик декремент кетма-кет амплитудалар нисбатининг натурал логарифмидан иборатдир:

$$\ln \frac{a_1}{a_2} = \ln \frac{a_2}{a_3} = \delta T = \lambda. \quad (2)$$

Амплитудалар логарифми арифметик прогрессия бўйича камайиб боради.

Маятникнинг тузилиши

А металл цилиндр O' ва O нуқталарга ингичка сим билан тараф торттиб осилган. Унинг марказидан OO' сим йўналишига перпендикуляр қилиб металл стержень ўтказилган. Стерженьнинг учларига оғирлиги бир хил P юклар ўрнатилган. Цилиндрнинг марказидан сал юқорида M ойнача бўлади.



37- расм.

P юклардан бирига туғри магнит яқинлаштирилса, система OO' атрофида буралма тебраниш ҳаракати башланади. Буралма тебранишнинг амплитудаси ва даври M ойнача ичидаги шкалага оптик труба орқали қараб топилади.

Ишни бажариш тартиби

Буралма маятник тинч турган вақтда оптик трубани шундай жойлаштириш керакки, бунда труба орқали қараганда M ойнача ичидаги шкаланинг «0» нуқтаси равшан кўринадиган бўлсин. Туғри

магнит таъсирида маятникни тебраниш ҳаракатга келтириб ва оптик труба орқали қараб, шкаланинг чап ва унғ томонидаги рақамларни (амплитудаларни) ёзиб бориш керак.

a_1, a_2, a_3 амплитудаларнинг қийматини (1) ва (2) тенгламаларга қуйиб, суниш декременти k ни ва сунишнинг логарифмик декременти λ ни аниқлаш лозим.

Ишни бир неча марта такрорлаб, чиққан натижаларни тубандаги жадвалда ёзиб борилади.

Тенгламалар сони	Буралмиш амплитудаси		Суниш декременти k	Логарифмик декремент λ
	чапга	уңга		
I				
II				
III				

k ва λ миқдорларнинг ўртача қийматлари ва тажрибадаги нисбий хатолар ҳисоблансин.

17-иш. Камертоннинг тебраниш частотасини турғун тулқинларнинг узунлигини ва тарқалиш тезлигини ўлчаш йўли билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) В. С. Кривов қурилмаси, 2) пишқиқ ип, 3) камертон, 4) тарози палласи, 5) тарози, 6) тарози тошлари, 7) сантиметрларга бўлинган бир метрли чизғич, 8) резина болғачча.

Иш тўғрисида тушунча

Агар таранг тортилган ипга перпендикуляр равишда (анча кескин) урилса, ип тулқинланади, яъни қавариқлик ва ботиқликлар вужудга келади. Бу қавариқликлар маълум тезлик билан ип бўйлаб тарқалади. Қавариқликнинг тарқалиш тезлиги ипнинг таранглигига ва чизиқли зичлигига (яъни узунлик бирлигидаги массага) боғлиқ, ammo қавариқликларнинг шаклига боғлиқ эмас.

Кундаланг тулқиннинг v тарқалиш тезлиги билан ипнинг T таранглиги ва m чизиқли зичлиги орасидаги боғланиш қуйидагича ифодаланади:

$$v = \sqrt{\frac{T}{m}} \quad (1)$$

(1) формулани камертон шохига боғланган ипда ҳосил бўлган кундаланг тулқиннинг тарқалишига татбиқ қилиш мумкин. Агар камертон шохининг секундига тебранишлари сони (частота) f ва тулқин узунлиги λ бўлса, тулқиннинг тарқалиш тезлиги

$$v = \lambda f \quad (2)$$

бўлади. (1) ва (2) тенгликлардан, камертоннинг тебраниш частотаси:

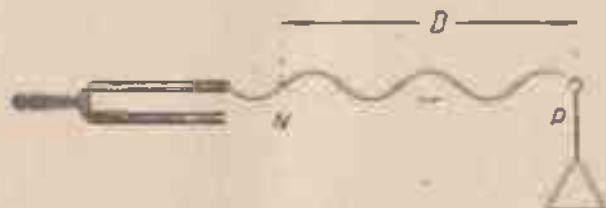
$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{T}{m}} \quad (3)$$

Ишни бажариш тартиби

1. Камертон шохларининг биридаги илмоққа узунлиги 1,5 м келадиган ингичка ип боғланади. Ип блокдан утказилиб иккинчи учига тарози палласи боғланади. Камертон махсус винт ёрдамида штативга маҳкамлаб қўйилади.

2. Камертонни тебрантириш натижасида ипда турғун тулқин ҳосил бўлиши учун тарози палласидаги юкка юк қўшиб турилади.

3. P билан N орасидаги D масофа ўлчанади (38-расм). Бундаги P — блок олдидаги тугун, N — камертон томонидан ҳисобланган биринчи тугун.



38- расм.

λ нуқтадан P нуқтагача бўлган тугунлар санаб чиқилади. Бундан λ нинг уртача қийматини топиб, λ аниқланади. Тарози палла-

сидаги тошларнинг оғирлиги палланинг узининг оғирлигига қушиб ҳисобланади. Бу оғирлик ипнинг T таранглигига тенг булади.

4. Ипнинг l узунлигини улчаб ва M массасини аниқлаб, узунлик бирлигидаги масса, яъни чизиқли зичлик топилади:

$$\mu = \frac{M}{l}$$

5. Чизиқли зичлик μ , ипнинг таранглиги T ва тўлқин узунлиги λ ни (3) формулага қушиб, камертоннинг тебраниш частотаси топилади.

Тажрибани бир неча марта такрорлаб, f нинг ўртача қиймати топилади.

18- иш. Товушнинг қаттиқ жисмларда тарқалиш тезлигини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) Кундт қуроли, 2) шишадан, темирдан, ёғочдан ясалган илгичка таёқчалар, 3) сантиметрли чизғич, 4) қисқич, 5) майдаланган пукак, 6) канифоль суркалган чарм.

Иш туғрисида тушунча

Кундт қуроли A шиша найдан иборат бўлиб, бир боши K пробка билан бекитилган. Бу K пробкани най ичида у ёқ-бу ёққа суриш мумкин (39-расм).

1. Шиша най ичига бир оз пукак майдаси солиб, шиша горизонтал ҳолатда қўйилади.

2. Синаладиган материалдан ясалган таёқчанинг бир учига картон ёки пукак диск маҳкамланган бўлиб, таёқчанинг бу учи шиша най ичига кириб туради. Бу таёқчанинг уртаси C қисқич билан столга маҳкамлаб қўйилган булади.



39- расм.

3. Таёқчанинг буш учини канифоль суркалган чарм ёки спиртга ҳўлланган латта билан қаттиқ қисиб ишқалаш керак. Натижада таёқда бўйлама эластик тебраниш пайдо бўлиб товуш чиқади. Бу тўлқин таёқнинг учидан қайтиб, асосий тўлқин билан қўшилиб, турғун тўлқинни вужудга келтиради. Таёқчанинг C нуқтасида (қисқичла) бу турғун тўлқиннинг тугуни бўлиб, таёқнинг учларида эса турғун тўлқиннинг қавариқлиги ҳосил булади.

Шундай қилиб, бу ингичка таёқнинг узунлиги λ га тенг бўлади.

Ингичка таёқнинг тебраниши шиша найдаги ҳавога утиб, бунда ҳавонинг турғун тулқини пайдо бўлади. Шиша най ичидаги ҳаво устунининг турғун тулқинидаги қавариқлик ва тугунлари пукак майдасида Кундт фигуралари ҳосил қилади.

Кундт фигураси яхши чиқмаса, $K \approx d$ дисклар орасидаги ма-софани узгартириш керак. Кундт фигураси ҳосил бўлгандан кейин бир неча фигуранинг узунлигини ўлчаб, бу узунлиқни шу фигура-лар сонига бўлиш билан унинг ўртача узунлиги топилади. Бу узун-лик эса A найдаги ҳаво тулқинининг ярим тулқин узунлигига тенг-дир (икки қавариқлик ёки икки тугун ораси).

Ингичка таёқнинг узунлигини L билан, Кундт фигурасининг узунлигини l билан белгилаймиз. Ингичка таёқчада ҳосил бўлган тебранишлар сонини N билан, тулқин узунлигини λ_1 билан, таёқ-чада товушнинг тарқалиш тезлигини v_1 билан белгиласак, қуйида-ги тенгликни ёзиш мумкин:

$$v_1 = N\lambda_1.$$

Иккинчи томондан, шиша най ичидаги ҳаво тулқинининг узунли-ги λ бўлиб, $v = \lambda f$ товуш тезлиги v , десак:

$$v = N\lambda. \quad (2)$$

(1) ва (2) дан

$$\frac{v_1}{v} = \frac{\lambda_1}{\lambda}.$$

ёки

$$v_1 = v \frac{\lambda_1}{\lambda}. \quad (3)$$

$\lambda_1 = 2L$; $\lambda = 2l$ бўлгани учун, (3) ни тубандагича ёза оламиз:

$$v_1 = v \frac{2L}{2l} = v \frac{L}{l}.$$

Демак,

$$v_1 = v \frac{L}{l}. \quad (4)$$

Товушнинг 0°C даги v_0 тезлигини билган ҳолда v_1 нинг қийматини ёза оламиз:

$$v_1 = v_0 \sqrt{1 + 0,004 t}. \quad (5)$$

v_1 нинг бу қийматини (4) га қўйсак, тубандаги формула келиб чиқади:

$$v_1 = v_0 \frac{L}{l} \sqrt{1 + 0,004 t}.$$

Бу ишни бажаришда шу формуладан фойдаланилади.

Товушнинг 0°C да ҳаводаги тезлиги $v_0 = 331$ м/сек.
Тажрибани бир неча марта такрорлаб, v нинг уртача қиймати топилади.

19- иш. Товушнинг ҳавода тарқалиш тезлигини резонанс усули билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) Қвинке қурилмаси, 2) маълум частотали камертон, 3) масштабли чизгич.

Иш туғрисида тушунча

Агар маълум узунликдаги ҳаво устунни олдиға тезуш чиқарувчи бирор манба урнатилса, манбадан чиққан товуш тебранишлари ҳаво устунни буйнча B тусиққа бориб, орқаға қайтади (40-расм). Асосий ва қайтган товуш тўлқинлари бирликда ҳаво устунинда турғун тўлқин ҳосил қилади. Бу асосий ва қайтган тўлқинларнинг фазалари қарама-қарши бўлган нуқталарда тебраниш бўлмайди.



40- расм.

Бундай нуқталар турғун тўлқиннинг *туғуни* дейилади.

40- расмдаги a , b , c ва e нуқталар тугунлардир. Шу нуқталарда тебранишнинг амплитудаси нолга тенг бўлади.

Асосий ва қайтган тўлқинларнинг фазалари бир хил бўлган нуқталарда тебраниш амплитудалари ўзаро қушилиб катта амплитудали тебранишлар ҳосил қилади. Мана шу нуқталар турғун тўлқиннинг *қавариқлиги* дейилади. Бу нуқталар 40- расмдаги d_1 , d_2 , d_3 , d_4 нуқталардир.

a , c тугунлар орасида икки қавариқлик, d_1 , d_3 қавариқликлар орасида икки тугун борлиги расмдан кўриниб турибди. Мана шу икки қавариқлик жойлашган ac оралик ёки икки тугун жойлашган d_1 , d_3 қавариқликлар ораси *турғун тўлқиннинг узунлиги* дейилади ва одатда λ билан белгиланади.

Расмдан кўринадики, ab оралик $2 \cdot \frac{1}{4} \lambda$ га тенг.

Агар B ни e нуқтага кучирсак, Ae ораси $7 \cdot \frac{1}{4} \lambda$ га тенг бўлади.

Агар B ни a нуқтага кучирсак, Aa ораси $\frac{1}{4} \lambda$ бўлади.

Шунинг учун ҳам ҳаво устунининг узунлиги бир неча $\frac{1}{4} \lambda$ га тенг бўлиб, уни қуйидаги тенглама билан ифодалаш мумкин:

$$AB = (2n - 1) \cdot \frac{1}{4} \lambda. \quad (1)$$

B ни суриб, кетма-кет e , c , b ва a нуқталарга келтирганда камертоннинг товуш кучаяди, яъни резонанс юз беради (40-расм).

Мана шу камертон товушининг кучайишига қараб a , b , c ва e нуқталарни топгандан кейин (1) тенгламадан товушнинг тулқин узунлиги λ ни аниқлаш мумкин. Камертоннинг частотаси ν ва товуш тулқинининг узунлиги λ ни аниқлагандан кейин товушнинг ҳавода тарқалиш тезлигини қуйидагича топамиз:

$$v = \lambda \nu. \quad (2)$$

Ҳавонинг температураси t° бўлганда товушнинг тарқалиш тезлиги v ни топгандан кейин товушнинг 0°C даги ҳавода тарқалиш тезлиги v_0 ни қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$v = v_0 \left(1 + 0,00367 t^\circ\text{C} \right) \quad (3)$$

ёки ҳавода намлик борлигини эътиборга олиб, одатда қуйидаги тенгламадан фойдаланилади:

$$v = v_0 \sqrt{1 + 0,004 t^\circ\text{C}}. \quad (4)$$



41-расм.

Қурилманинг тузилиши

D идишини юкори кутариш ва пастга тушириш билан бундаги ҳаво устунининг баландлигини узгартириш мумкин. Частотаси тахминан $500 \frac{1}{\text{с}}$ га тенг бўлган камертон расмда кўрсатилгандек қилиб ўрнатилади.

Камертонни товуш чиқарадиган қилиш учун унга резинка болга билан уриш керак. Баъзан камертон электромагнит ёрдамида тебранилади.

Ҳаво устунининг CB баландлиги масштаби чизғич ёки шиша наъдаги масштаб билан улчанади.

Ишни бажариш тартиби

Қурилмани текшириб кўргандан кейин камертон ишга туширилади. Поршенни суриб ҳаво устунининг AB узунлиги секинлик билан ўзгартириб борилади ва товуш кучли бўлиб эшитилган пайт аниқланади.

Сунгра, ҳаво устун узунлиги ўлчанади, бу узунлик эса $\frac{1}{2} \lambda$ га тенг. Кейин D идишни яна юқори кутариб иккинчи максимал товуш эшитиладиган устун узунлиги ўлчанади, бу узунлик $\frac{1}{2} \lambda$ га тенгдир.

Тажрибани бир неча марта такрорлаб λ нинг уртача қиймати аниқланади.

Тулқин узунлиги (λ) ни топгандан кейин камертоннинг ν частотасини билган ҳолда товушнинг ҳавода тарқалиш тезлигини

$$v = \nu \lambda$$

формуладан топамиз.

Изоҳ. Шиша найдаги ҳаво устунининг тебраниш частотаси камертоннинг частотасига тенг бўлгандагина резонанс ҳосил бўлади. Шунинг учун ҳам ҳаво устунининг тебраниш частотаси урнида камертоннинг частотасини оламиз.

20-иш. Газ массасининг ҳажми ва босими ўзгаришини ўзгармас температурада текшириш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) диаметри 2—2,5 мм бўлган бир томони берк шиша пайча, 2) барометр.

Маълумки, газнинг температураси ва массаси ўзгармаганида, Бойль—Мариотт қонунига биноан, унинг босими ҳажмига тескари пропорционал равишда ўзгаради.

Найга тоза симоб солинганда бу симоб чузик устун шаклини олади. Найчанинг оғзини юқори кутариб ушлаганда берк томонида (симобнинг тагида) озгина ҳаво қолади.

Тажриба вақтидаги атмосфера босимини лаборатория деворига осиб қўйилган барометрга қараб билиш мумкин.

Ишни бажариш тартиби

1. Лабораториядаги барометрнинг курсатиши p_0 ёзиб олинади.

2. Найчанинг оғзини юқори қаратиб турган ҳолда, найча урнатилган тахтани M ҳалқасидан михга осиб керак (42-расм).

Найча ичидаги BC ҳаво устунига атмосфера босими p_0 ва h узунликдаги симоб устунининг p босими таъсир этади. BC ҳаво устунининг ҳажми

$$V = Sl, \quad (1)$$

бунда S — найчанинг кўндаланг кесим юзи, l — ҳаво устунининг узунлиги.

S узгармас бўлганлиги учун ҳавонинг V ҳажми устунининг l узунлигига тўғри пропорционалдир.

h — h узунликдаги симоб устунининг ҳажми:

$$V_1 = hS. \quad (2)$$

Симобнинг солиштирма оғирлигини d билан белгиласак, найчадаги симобнинг оғирлиги Q

$$Q = hSd. \quad (3)$$

Симобнинг ҳавога берган P_1 босими эса қуйидагича

$$P_1 = \frac{Q}{S} = \frac{hSd}{S} = hd. \quad (4)$$

d узгармас бўлгани учун симоб устунининг босими унинг $AB = h$ узунлигига тўғри пропорционалдир.

Натижада ҳаво устун ҳажмининг ўзгариши симоб устун босимининг ўзгаришига боғлиқдир.

Юқоридагиларга асосан: найчадаги ҳаво устунининг босими P атмосфера босими p_0 билан h узунликдаги симоб устунининг босими йиғиндисига тенг, яъни

$$P = p_0 + h. \quad (5)$$

(l ва h қийматларини шкала ёрдамида мумкин қадар аниқроқ ўлчаш мумкин).

Найча бириктирилган (NM) тахтани эҳтиётлик билан ағдариб, N ҳалқасидан осиб керак. Энди, найчанинг очиқ учи шастга қаратилган бўлади (43-расм).

Бу ҳолда газ (ҳаво) устидаги умумий босим (P_1) тубандагича ёзилди:

$$P_1 = p_0 + h_1. \quad (6)$$

Бу ҳолда газнинг ҳажми кенгаяди:

$$V_1 = S_1 l_1, \quad l_1 = h_1 C_1. \quad (7)$$

l_1 ва h_1 ларни шкаладан билиб оламиз.

Нижоят найчани горизонтал қилиб қуямиз. Бу ҳолда газнинг ҳажми:

$$V_2 = S_2 l_2. \quad (8)$$



42- расм.



43- расм.

Текширилаётган ҳавога фақат p_0 босим таъсир қилади. l_0 ни ўлчаб топамиз. Тажриба бир-икки марта такрорланади. Чиққан натижалар қуйидаги жадвалга ёзилади.

Найчадаги газнинг ҳолати	Ҳаво устунининг узунлиги	Силинган устунининг узунлиги	Босим: $P = p_0 + h$	l	P p_1	$P \cdot l$	Абсолют ҳато	
							Δl	ΔP
Сикилган ҳаво	l	h	P			Pl		
Кенгайган ҳаво	l_1	h_1	P_1			$P_1 l_1$		
Атмосфера босимидаги ҳаво	l_0	h_0	P_0			$P_0 l_0$		

Юқоридаги натижалардан фойдаланиб, қуйидаги тенгламаларнинг урили эканини текширинг.

$$\frac{V}{V_0} = \frac{P_0}{P}, \quad \frac{V}{V_0} = \frac{P_0}{P}$$

ёки

$$PV = P_1 V_1 = p_0 V_0.$$

Умуман, $PV = C$ (константа).

21-иш. Газ хоссаларини тажрибада текшириш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) бу иш учун тайёрланган қурилма, 2) 100 см³ сифимли қолба, 3) қолбани туташтириш учун махсус резинка ва шиша найча, 4) штатив, 5) суя ва муз солинган иккита катта стакан, 6) термометр, 7) барометр.

Иш туғрисида тушунча

1. Изотермик процесс. Газ ҳолатининг ўзгармас температурада ўзгариши изотермик процесс дейилади.

1. С жумракни (45-расм) очсак, иккала найда ҳам босим бир хил (атмосфера босими) бўлиб қолади, унинг p_0 қийматини барометрга қараб ёзиб оламиз. M ва N қисқичларни BC ҳаво устунининг баландлиги 20 см бўлганга қадар сурамиз (45-расм).

Ана шу ҳолатга мос ҳажмни V_0 деб белгилаймиз.

2. С жумракни бекитиб, BC ҳаво устунининг ҳажми икки марта кўмайгунча унғ томондаги найни тушириб чап томондагисини кутарамиз. Бу ҳолатга мос V ҳажм:

$$V = \frac{V_0}{2}$$

Ғлиқ (унг) найдаги ҳавога энди икки хил босим таъсир этади: атмосфера босими ва чап найдаги h см симоб устунининг босими, яъни:

$$p = p_0 + h. \quad (1)$$

v ва p_0 нисбатларни ҳисоблаб топамиз.

3. Энди чап томондаги найни тушириб ва унг томондагисини кутариб, ундаги ҳаво ҳажмини бошланғич v_0 ҳажмга қараганда икки марга орттирамиз:

$$v = 2v_0$$

бу ҳолатга мос ҳаво босими:

$$p = p_0 - h \quad (2)$$

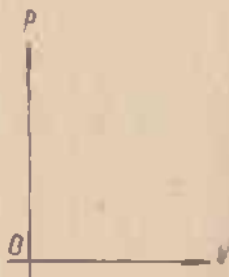
булади. h — чап ва унг томондаги найлардаги симоб сатҳлари орасидаги фарқ.

4. Олинган натижалар p ва v координаталар системасида эгри чизик билан ифода қилинади, бунда абсциссалар v ҳажм қийматлари ва ординаталар p босим қуйилади (44-расм).

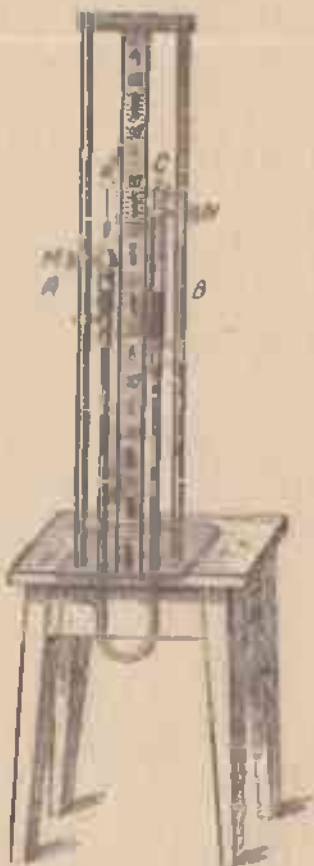
II. Изобар процесс.

Изобар процесс ҳам, яъни узгармас босимда газ температураси билан ҳажмининг узгариши ҳам худди изотермик процессни урганишда ишлатилган қурол ёрдамида урганилади.

1. Қурилманинг унг учига резинка ва шиша найчалар билан колба туташтирилади (45-расм). Стоканга сув солиб, унга колбани



44-расм.



45-расм.

ботирамиз. Колбадаги ҳавонинг температураси стакандаги сувнинг температурасига тенглашгунча 5—10 минут кутиб турамыз.

С жумракни очамиз, A ва B найлар ичидаги симоб устунларининг фарқи 10 см булгунча A найни юкори кутарамиз (чап найдаги симоб сатҳи унғ найдаги симоб сатҳига қараганда 10 см баланд туриши керак).

Колба ва найдаги ҳавонинг бошланғич ҳажми қуйидагича ифодаланади:

$$V_0 = W + h_0 s. \quad (3)$$

Бундаги W — колбанинг сифими; h_0 эса B найдаги ҳаво устунининг узунлиги; s — най каналкинг кундаланг кесим юзи. Бу тажрибада B най билан колбани туташтириб турган шиша ва резинка найларингичка булгани учун улардаги ҳаво ҳажмини эътиборга олмаймыз.

Найнинг ҳажмини топиш учун кесим юзи $s = \pi r^2$ ни топиш керак. Бунинг учун эса (резина найча уламасдан ва симоб қуйишдан олдинроқ) штангенциркуль ёрдамида ва қуйидаги формуладан фойдаланиб r ни топиш керак:

$$r = \frac{D - 2l}{2},$$

бунда D — найнинг ташқи диаметри; l — най шишасининг қалинлиги.

Бу V_0 ҳажмдаги ҳавога таъсир этувчи босим: $p_0 = H + h_0$ булади, бу ерда H — атмосфера босими (барометрдан олинади), h_0 эса A най билан B найдаги симоб сатҳлари фарқи. Стакандаги сувнинг t температураси термометрга қараб топилади. Колбадаги ҳавонинг температураси стакандаги сувнинг температураси билан бир хил булади.

2. Стакандаги сувни 30—50° С гача иситамиз (бунинг учун газ горелкаси ёки спирт лампадан фойдаланамиз). Колбадаги ҳаво исиб ҳажми кенгайди ва босими ортиши натижасида, симобни B найдан A найга ҳайдайди. Бирор температурада унғ найдаги ҳаво устунининг баландлиги h_1 булсин ($h_0 > h_1$). Бу вақтда колба ва найдаги ҳавонинг ҳажми тубандагича ёзилади:

$$V = W + sh_1, \quad (4)$$

босим эса аввалгича булади:

$$p_0 = H + h_0. \quad (5)$$

Термометрга қараб стакандаги сув ва демак, колбадаги ҳавонинг t_1 температурасини ёзиб оламиз.

Бу ҳолатларнинг тенгламасини ёзайлик:

$$\frac{p_0}{1 + \alpha t} = \text{const} = C$$

ёки

$$p_0 = C(1 + \alpha t_0). \quad (6)$$

t_0 температурада бу тенглама

$$p_0 = C(1 + \alpha t_0) \quad (7)$$

шаклда ёзилгани учун (7) тенгламани бундай ёза оламиз:

$$(W + sh_1)p_0 = C(1 + \alpha t_0). \quad (8)$$

t_1 температурада (7) тенглама қуйидагича ифодаланади:

$$p_0 = C(1 + \alpha t_1). \quad (9)$$

(1) тенгламага асосан (9) тенгламани бундай ёза оламиз:

$$(W + sh_2)p_0 = C(1 + \alpha t_1). \quad (10)$$

(к) тенгламанинг иккала томонини (10) тенгламанинг иккала томонига бўламиз:

$$\frac{W + sh_1}{W + sh_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_0}. \quad (11)$$

Бу тенгламадан газ босимининг термик коэффициентини α ни топиш керак:

Кузатиш	W	t_0	h_1	$W + sh_1$	p_0	$W + sh_2$	t_1	$\frac{W + sh_1}{W + sh_2}$	$\frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_0}$	α
Биринчи										
Иккинчи										
Учинчи										

4. Бу ишни бир неча марта такрорлаб, натижани юқоридаги жадвалга ёзиш керак.

Агар $t_0 = 0$ булса (яъни стаканда муз булган ҳолда), (11) тенглама тубандаги шаклни олади:

$$\frac{W + sh_1}{W + sh_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1}. \quad (12)$$

(12) тенгламадан:

$$\alpha = \frac{(W + sh_2) - (W + sh_1)}{t_1(W + sh_1)}. \quad (13)$$

Бу ҳолда ҳаво температурасининг муз температурасига тенг булиш шартини кузатиб туриб аниқлаш керак.

III. Изохор процесс. Ўзгармас ҳажмда газ босими билан температурасининг ўзгариши изохор процесс деб аталади. Бунда ҳам I ва II ишларда ишлатилган қурилмадан фойдаланилади.

Қурилманинг унг томонидаги В найда С жумракдан 5 см чамаси пастроққа қалам билан белги қуямиз. К сувли стаканга қолба ни термометрни туширамыз. Чап томонидаги А найни юқори ёки

пастга силжитиб, унг найдаги симоб сатҳини ҳалиги белгиланган чизикқа келтирамиз. Ҳавонинг бу ҳолатга мос ρ_0 ҳажми:

$$\rho_0 = \frac{H}{H + h} \quad (14)$$

булади, бундаги H — колбанинг ҳажми, h эса найнинг S жумракдан ҳалиги белгигача булган қисмидаги ҳаво ҳажми. Бу ҳажм тубандагича босим остида булади:

$$p_0 = H + h_0 \quad (15)$$

бунда H — атмосфера босими (барометрдан олинади), h_0 — унг ва чап томондаги симоб сатҳлари фарқи.

а) стакандаги сувнинг ва бинобарин, колбадаги ҳавонинг t_0 температурасини термометрга қараб ёзиб оламиз.

б) стакандаги сувни 40°C гача иситамиз. Колбадаги ҳаво кенгайиб, симобни чап найга томон суради. Унг томондаги най ичидаги симобнинг юзи белгиланган чизикқа келганча чап томондаги найни кутарамиз. Ҳавонинг ҳажми эса яна аввалгича қолади. яъни:

$$\rho_0 = \frac{H}{H + h_0}$$

босими эса,

$$p = H + h \quad (16)$$

Сувнинг t_1 температурасини термометрга қараб ёзиб оламиз. Газ ҳолатларининг тенгламасига асосан а) ва б) ҳоллар учун тубандаги тенгламани ёза оламиз:

$$\frac{H}{H + h} = \frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1}$$

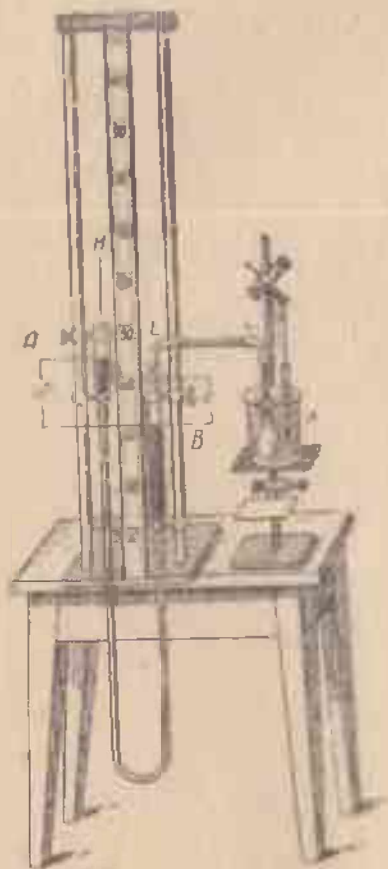
Бу тенгликнинг чап томонини ρ_0 га кискартириб, қуйидаги формулани чиқарамиз:

$$\rho = \frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1} \quad (17)$$

(15) ва (16) дан p_0 ва p нинг қийматини (17) га қўйиб:

$$\frac{H - h}{H + h} = \frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1} \quad (18)$$

Газ босимининг α термик коэффициентини (18) тенгламадан топилади.



46- расм.

Агар $t_2 = 0$, яъни қолба эриётган муз ичида бўлса, (18) тенгла-
ми қуйидаги шаклни олади:

$$\frac{H_1 + H_2}{H_1 + H_2} = \frac{1}{1 + \alpha t_1} \quad (19)$$

Ишнинг бу қисмини ҳам бир неча марта такрорлаб, α нинг уртача
қиймати ва нисбий хатосини ҳисобланг.

22-ши. Босимнинг термик коэффициентини газ термометри билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) газ термометри, 2) металлдан
илган кенг идиш, 3) термометр (2 та), 4) иссиқлик манбаи.

Иш туғрисида тушунча

Газ термометри умуман газларнинг иссиқликдан кенгайишига
асосланиб тузилган бўлиб, газ босимининг термик коэффициентини
аниқлашга имкон беради.

Газ термометри A ва B шиша
найчалардан иборат бўлиб (47-расм),
найчаларнинг пастки учлари резин-
ка найча билан бир-бирларига туташ-
тирилган.

A найчанинг иккинчи учи шар-
симон C идишга туташтирилган бў-
либ, B найчанинг юқоридаги учи
очиқдир. Резинка найча ва унинг
учларига туташтирилган A ва B
найчага солиштирма оғирлиги маъ-
лум бўлган суюқлик (масалан, си-
мон) солинади. C идиш иситилган-
да ундаги газ (ҳаво) кенгайиб, бо-
сими атмосфера босимидан ошгани
учун найчалардаги суюқлик ўнг
томондаги B найчага қараб сурилади.

Суюқлик B найчадан ташқарига
чиқиб кетмаслиги учун бу найча
юқорига кўтариладиган қилиб иш-
ланган.



47- расм.

Ишнинг бориши. 1. Энг аввал A жумракни очиб, C идиш-
нинг ичи қурилади. Сўнгра C идишнинг ичига суя қуйиб қуйилган
катта D идишга ботириб, C идишдаги ҳавонинг температураси суя
температурасига тенглашгунча 10—12 минут кутиб турилади. K
жумрак бекитилса, идишдаги ва A найчадаги ҳавонинг (газининг)
босими ўзгаради, шу билан бирга, найчалардаги суюқликнинг ба-
лангликдлари ҳам ўзгаради, чунки катта D идишдаги суянинг

температураси ташқаридаги ҳаво температурасидан, умуман айтганда фарқ қилади.

С идишдаги ҳавонинг температураси D идишдаги сувнинг температурасига тенглашган бўлсин.

1. температурада C идишдаги ҳавонинг p босими атмосфера босимидан бир оз фарқ қилиши ёки унга тенг бўлиши мумкин. C идишдаги ҳаво (газ) босимининг H_0 дан кўп ёки озлигини A ва B найлардаги суюқлик баландликларининг айирмасига қараб билиш мумкин.

Агар суюқликнинг B найчадаги сатҳи A найчадагидан h_1 см юқори бўлса, p_1 нинг қиймати:

$$p_1 = H_0 + h_1. \quad (1)$$

Агар суюқлик B найчада A найдагидан h_1 см паст турса p_1 нинг қиймати H_0 дан кичик бўлади, яъни:

$$p_1 = H_0 - h_1. \quad (2)$$

h_1 баландлик вертикал шкаладан, p_1 температура термометрдан ва H_0 атмосфера босими барометрдан топилади.

A найдаги суюқликнинг қанча баландликда турганлиги аниқланади.

Энди D идишдаги сувни бир оз иситсак, C идишдаги ҳаво исиб, ҳажми ошади ва B найдаги суюқлик кутарилади. Лекин, C идишдаги ва A найчадаги ҳаво ҳажми ўзгармаслиги учун B найни яна юқорироқ кутариш керак бўлади.

Бу ҳолатда A ва B найчалардаги суюқлик (симоб) баландликларининг айирмаси h_2 бўлса, C идишдаги ҳавонинг p_2 босимини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$p_2 = H_0 + h_2. \quad (3)$$

Вертикал шкаладан h_2 ни ва термометрдан p_2 ни ёзиб олиш керак.

C идишдаги ҳавонинг ҳажми $v = \text{const}$ бўлганлиги учун, Бойль-Мариотт, Гей-Люссак қонунига мувофиқ, тубандагини ёза оламиз:

$$p_1(1 - \alpha) = p_2(1 - \alpha). \quad (4)$$

ёки

$$\alpha = \frac{p_2 - p_1}{p_1(1 - \alpha) - p_2(1 - \alpha)}. \quad (5)$$

Найчаларга симобдан бошқа суюқлик қуйилганда h_1 ва h_2 нинг қийматларини туғридан-туғри формулага қуйиш мумкин эмас. Шунинг учун аввало найчалардаги суюқликнинг солиштирма оғирлигини билиб, h_1 ва h_2 ларга кўпайтириб, бу кўпайтмаларни симобнинг солиштирма оғирлиги (13,6) га бўлиш керак.

Демак, (2) тенгламадаги h_1 урнига $\frac{h_1}{13,6}$ ва (3) тенгламадаги h_2 урнига $\frac{h_2}{13,6}$ қўйиб, p_1 ва p_2 ни аниқлаш лозим.

Чикқан натижаларни (5) тенгламага қуйиб, газ босимининг α термик коэффициентни топилади.

23- иш. Газларнинг солиштирма иссиқлик сиғимлари нисбатини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) катта шиша идиш, 2) манометр, 3) насос.

Иш туғрисида тушунча

Газларнинг узгармас босимдаги C_p солиштирма иссиқлик сиғимининг узгармас ҳажмдаги C_v солиштирма иссиқлик сиғимига нисбатини адиабатик процессларда аниқлаш мумкин.

$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ ни аниқлаш учун 12—20 литрли катта шиша А идиш.нинг оғзини уч жойидан тешилган n_1 , n_2 ва n_3 найчалар утказилган тиқин билан безамтамыз (48- расм). n_1 найчанинг жумраги бор. n_2 найча А идишни манометрга улайди. n_3 найчанинг жумраги бор, бу най насосга уланади. Манометрга рангли сув қутилган.

Ишнинг бажарилиши

n_1 жумрак ёпиқ ҳолда n_2 жумракни очиб, А идишга манометрдаги суюқлик устунларининг фарқи h_1 8 см булганга қадар В насос билан ҳаво дамланади. Сунгра n_2 жумрак ёпиб қуйилади.

Бунда дамланган ҳавонинг зичланиши натижасида А идишдаги ҳавонинг температураси ва бинобарин манометрнинг чап тармогида суюқлик кутарилади. Бир оздан сунг эса идишдаги ҳаво билан ташқи ҳавонинг температураси яна тенглашади ва манометрдаги суюқлик устуни бир оз пасайиб, тармоқлардаги суюқлик сатҳлари фарқи h_2 булади. Буни ёзиб оламиз.

Сунгра n_1 жумракни очиб, А идишдаги ҳавони ташқарига чиқарамиз. Аммо идишдаги ҳаво бутунлай чикиб булмасдан жумракни яна тез ёпамиз. Бунда А идишдаги ҳаво бирданига кенгайиши натижасида температураси пасайиб, бир оз вақт утгандан кейин температура яна ташқаридаги ҳаво температураси билан тенглашади.

Натижада манометр найчаларидаги суюқлик устунининг фарқи h_3 мм булиб қолади. Лекин $h_1 > h_3$ булади.



48- расм.

A идишга ҳаво дамланган вақтда ҳавонинг ҳажми V_1 , босими $p_1 = p_0 + h_1$, температураси T_1 бўлсин.

n_1 жумракни очганда газнинг ҳажми V_2 , босими p_0 (атмосфера босими), температураси T_2 бўлсин.

n_1 ни қисқа вақтга очиб ёпгандан сунг эса газнинг ҳажми V_2 , босими $p_2 = p_0 + h_2$, температураси T_2 (ташқи ҳаво температурасига тенглашади) бўлсин.

n_1 жумракни очганда A идишдаги сиқилган ҳаво адиабатик кенгаяди.

Бу ўзгариш Пуассон тенгламаси бўйича рўй беради:

$$pV^\gamma = \text{const.}$$

Демак, n_1 жумракни очган пайтдаги ўзгариш қуйидагича ифодаланади:

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma. \quad (1)$$

Тажриба вақтида A идишдаги сиқилган ҳавонинг температураси, n_1 жумрак очилиб ёпилгандан сунг унинг кенгайган вақтидаги температураси ташқи температурага тенг қилиб олинган эди. Шунинг учун бу ерда газ ҳолати изотермик ўзгарган бўлиб, бу ҳолат Бойль—Мариотт қонуни билан ифодаланади:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2. \quad (2)$$

(1) тенгламадан:

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma = \frac{p_1}{p_2}. \quad (1')$$

(2) тенгламадан:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1}{p_2}. \quad (2')$$

(1') ва (2') тенгламаларга асосан

$$\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^\gamma = \frac{p_0}{p_1}. \quad (3)$$

бу ерда

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{p_0 + h_2}{p_0 + h_1}. \quad (4)$$

бундаги p_0 —ташқаридаги ҳавонинг 0°C даги босими.

Энди (3) тенгламани логарифмлаймиз:

$$\gamma (\lg p_2 - \lg p_1) = \lg p_0 - \lg p_1$$

ски

$$\gamma = \frac{\lg p_0 - \lg p_1}{\lg p_2 - \lg p_1}. \quad (5)$$

Логарифмлар айирмалари жуда кичик бўлгани учун $\lg$ белгиларини ташласак ҳам бўлади, яъни:

$$\gamma = \frac{p_1 - p_0}{p_1 - p_2}. \quad (6)$$

(4) ни эътиборга олиб, (6) ни тубандагича ёза оламиз:

$$\gamma = \frac{(\rho_0 + h_1) - \rho_0}{(\rho_0 + h_1) - (\rho_0 + h_0)}$$

Тўғ

$$\gamma = \frac{h_1}{h_0}$$

(7)

Тажрибани бир неча марта такрорлаб, чиққан натижаларнинг ўртача қиймати олинади. γ ни аниқлашдаги нисбий хато катталиги ҳисобланади.

Сла тма.

Агар (5) тенгламадаги логарифмлар айирмаси катта булса, (7) тенглама ўрнига (5) тенгламадан фойдаланиш керак.

γ ни (5) тенгламага қараб топиш учун h_1 ва h_0 қийматларни манометрдаги суюқлик устунига қараб эмас, балки ҳисоблаш йули билан уларни симоб устунига айлантириб олиш керак.

Симоб устунига айлантириш учун куйидаги формуладан фойдаланилади:

$$h_1 = \frac{d_1}{d_s} \cdot h_s, \quad h_0 = \frac{d_0}{d_s} \cdot h_s$$

d_1 — манометрдаги суюқликнинг солиштирма оғирлиги, h_s — манометрдаги суюқликнинг симоб устунига айлантирилган баланд-ликлари, d_s — симобнинг солиштирма оғирлиги (у тажриба шарон-идаги температурага қараб китобдаги жадвалдан олинади).

24- иш. Суюқликнинг капиллярлик доимийсини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) капилляр пайчалар, 2) штап-пеширкуль, 3) тарози ва унинг топшлар, 4) соат ойчаси, 5) симоб, 6) милли-метр чизмач, 7) текширилувчи суюқлик.

Иш туғрисида тушунча

Молекулалар орасида узаро таъсир кучлари мавжудлиги туфайли суюқликнинг сирт қатлами эластик парда каби таранг тортилиб туради. Суюқлик сирт қатламининг таранг торти-либ туриш сабабини билиш учун тубан-дан мисолни қараб утамиз.

Жуда енгил $CDAB$ рамканинг (49-расм) AB томони бирор куч таъсирида юқорига ёки пастга ҳаракатлана оладиган бўлиши. Рамка совун куйигига ботирилиб олinsa, унинг $ACDB$ юзида совун пар-даси ҳосил булади. Бу парда рамканинг AB томонини юқорига қараб тортади: AB томонини ўрнида сақлаб туриш учун ушбу маълум оғирликда юк осилиш керак.

Аммоннат юз берганда юкнинг оғирлиги рамканинг AB томонига таъсир қилувчи сирт таранглик кучига тенг булади. Сирт таранг-



49- расм.

лиги AB томонининг ҳар бир сантиметр узунлигига F куч билан таъсир этади, бутун узунлик бўйлаб эса q куч таъсир қилади; AB томон узунлигини l га тенг деб олсак, таъсир этувчи q куч қуйидагига тенг бўлади:

$$q = 2\alpha l. \quad (1)$$

Бу формуладаги α пропорционаллик коэффициентини бўлиб, бу коэффициент *суюқликнинг капиллярлик доимийси* дейилади.

Бу ишда ҳар хил суюқлик учун мана шу α нинг қиймати топилади.

Тажрибани бажариш йули

Ички диаметри жуда кичик бўлган шиша капилляр найча олиб, ичини сульфат кислота, сув ва эфир билан тозалаб ювилади. Сунгра капиллярдан қуруқ ~~халта~~ утказиб ичи қурилади.

Капилляр найчани штативга вертикал ҳолда ўрнатиб бир учини текшириладиган суюқликка озгина ботирилади. Текшириладиган суюқлик капилляр найча бўйлаб маълум баландликка кутарилади. Идишдаги суюқлик юзидан капилляр найчадаги суюқликнинг юзигача бўлган баландлик катетометр ёки миллиметрли чизғич билан ўлчанади. Бу баландлик h (см) бўлсин. Капилляр найчадаги суюқлик устунининг оғирлигини P билан, капилляр найчанинг радиусини r билан ва текшириладиган суюқликнинг солиштирма оғирлигини d билан белгиласак,

$$P = \pi r^2 h d \text{ ва } F = 2\pi r \alpha$$

бўлади, шунинг учун

$$2\pi r \alpha = \pi r^2 h d$$

тенглик келиб чиқади, бу тенгликдан:

$$\alpha = \frac{r h d}{2}. \quad (2)$$

Бу формуладан α ни топиш учун капилляр найчанинг ички радиусини ўлчаш керак. Капилляр найча жуда ингичка бўлгани учун унинг ички радиусини штангенциркуль билан ўлчаб бўлмайди.

Шунинг учун r нинг қиймати қуйидаги йул билан топилади. Найчага бир оз симоб қуйилади, симоб устунининг H баландлиги штангенциркуль билан ўлчанади. Симоб устунининг ҳажми (цилиндрнинг ҳажми)

$$V = \pi r^2 H. \quad (3)$$

Шу симоб устунининг ҳажмини оғирлиги орқали ифодалаш мумкин. Масалан, симоб устунининг оғирлиги P ва r даги солиштирма оғирлиги d , бўлса, симобнинг ҳажми

$$V = \frac{P}{d}. \quad (4)$$

бўлади. (3) ва (4) дан:

$$P = \pi r^2 H d.$$

$$r = \sqrt{\frac{T}{2\pi n_2}}$$

(5)

Капилляр найчанинг ички радиуси (5) формуладан топилади. Симобнинг $t^\circ\text{C}$ даги солиштирма оғирлиги жадвалдан ёки $d_1 = 13,596 (1 - 0,000181 t)$ формуладан топилади.

Симоб устунининг оғирлиги қуйидагича топилади: Аввал соатнинг ойнаси аналитик тарозида тортилади, ундан сунг капилляр найчадаги симобни секингина соат ойнаси устига тушириб, буларни ана аналитик тарозида тортилади. Бу оғирликлар айирмаси капилляр найчадаги симоб оғирлигига тенг булади.

Иш охирида α нинг қийматини аниқлашда юз берган нисбий нота катталиги ҳисобланади.

25-иш. Сирт таранглик коэффициентини суюқлик юзидан ҳалқани узиб олиш йули билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) махсус қурол (Жолли таромини), 2) штангенциркуль, 3) тарози тошлари, 4) текшириладиган суюқлик.

Иш туёрисида тушунча

Маълум диаметрли ҳалқани пружиналанувчи спираль симга гориништал ҳолда осиб, текшириладиган суюқликнинг эркин юзига текширилади. Суюқлик ва ҳалқа молекулаларининг узаро тортишиши натижасида ҳалқа суюқликнинг эркин юзига ёпишади. Бу ҳалқани суюқликдан узиб олиш учун маълум куч қўйиш керак булади. Бу куч ҳалқанинг ичкараси ва ташқарисидан тегиб турган суюқликнинг сирт таранглик кучига тенгдир.

Суюқлик сиртининг ҳалқага тегиб турган чегараси узунлиги:

$$\pi d_1 + \pi d_2 = L \quad (1)$$

булади, бундаги d_1 — ҳалқанинг ички диаметри, d_2 — ҳалқанинг ташқи диаметри.

Ҳалқани ушлаб турувчи сирт таранглик кучи:

$$\alpha L = \alpha (\pi d_1 + \pi d_2), \quad (2)$$

бунда α — суюқликнинг сирт таранглик коэффициенти.

Ҳалқани суюқликдан узиб олган куч $P = \alpha L$ булсин, деб фараз қилинлик, унда (2) формула тубандагича ёзилади:

$$P = \alpha (\pi d_1 + \pi d_2),$$

бундан

$$\alpha = \frac{P}{\pi d_1 + \pi d_2}. \quad (3)$$

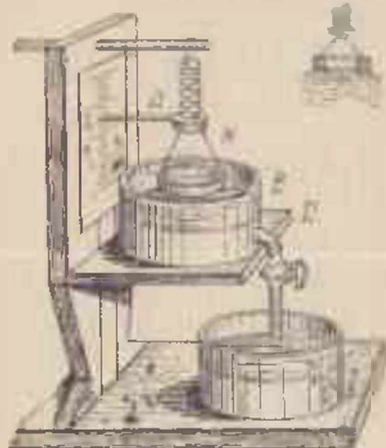
Албр ҳалқанинг қалинлигини h десак,

$$d_2 = d_1 + 2h$$

булади, унда (3) ни тубандагича ёзиш мумкин:

$$\alpha = \frac{\gamma}{2\pi(d_1 + 2h)} \quad (4)$$

Бу усул билан суюқликнинг сирт таранглик коэффициентини топишда ишлатиладиган асбоб тик қуйилган *A* тахтадан иборат бўлиб, унга кузгули шкала уриятилгандир (50-расм). Кузгули шкалага параллел қилиб пружина осиб қуйилган, пружинанинг учига *ҳалқа* илинган. *A* тахтанинг пастки қисмига *D* стулча уриятилган бўлиб, уни кутариб тушириш мумкин. Текшириладиган суюқлик қуйилган *B* идиш бу стулча устига қуйилади.



50-расм.

Ишни бажариш тартиби

Ҳалқани пружинага мутлақо горизонтал вазиятда буладиган қилиб боғлаш лозим. Ундан сунг *D* стулчани кутариб, ҳалқани суюқликка теккизиш керак. Сунгра *B* идиш секинлик билан пастга туширилади.

Суюқликнинг сирт таранглик кучи таъсири остида ҳалқа пасайиб, спираль пружинани чузади. Маълум даражага чўзилгандан кейин ҳалқа сув юзидан ажралиб, пружина ёрдами билан дастлабки вазиятга кутарилади.

D стулчани тушириш вақтида пружинанинг пастки учидаси стрелкани кузатиб, ҳалқанинг суюқликдан ажралош пайтида стрелка кузгули шкаланинг нечанчи булимини кўрсатгани қайд қилинади.

Ҳалқани сувдан ажратган *P* кучни аниқлаш учун ҳалқа устига оғирлиги маълум булган юпқагина диск қуйиб, бу диск устига тараози тошлари қўя бориб, стрелкани ҳалқа сув юзидан ажралган пайтдаги вазиятига келтирамыз. Бунда қуйилган тошларнинг ва дискнинг умумий оғирлиги *P* га тенг булади. Сунгра штангенциркуль ёрдами билан ҳалқанинг ички d_1 диаметрини ва h қалинлигини топиб, буларнинг қийматларини (4) формулага қуйиб, α ни топиш керак.

Бу тажрибани 5—7 марта такрорлаб, уртача қийматни олиш керак. Чиққан натижаларни тубандаги жадвалга ёзиб бориш керак.

Текширилдиган суюқлик	Юк <i>P</i>	Ҳалқанинг ички диаметри, d_1 , мм	Ҳалқанинг қалинлиги, h , мм	Сирт таранглик коэффициентини α	Хатолар	
					абсолют хато	нисбий хато
Сув						

26- иш. Суюқликнинг сирт таранглик коэффициентини томчи усули билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) штатив; 2) бир учи ингичка бюретка; 3) қисқич; 4) стакан; 5) текшираладиган суюқлик.

Иш туғрисида тушунча

Пастки учи ингичка найдан (51-расм) суюқлик секин оқиб чиқаётганда томчилар ҳосил булиши сирт таранглик кучининг таъсири натижасидир. Томчини ҳосил қилувчи ва уни туширмасдан ушлаб турувчи кучларни билсак, текшираётган суюқликнинг сирт таранглик коэффициентини белгилаш осон бўлади.

Томчини узувчи кучнинг катталигини P ва уни туширмасдан ушлаб турувчи кучни F билан белгиласак, уларнинг мувозанат ҳолатида: $P = F$.

Шунинг учун,

$$F = P = 2\pi r\alpha, \quad (1)$$

бунда, r — томчининг узилиш жойидаги радиуси.

Амалда бир томчини эмас, балки n та (масалан, 50—100 та) томчининг оғирлигини тарозидан тортиб, ундан сунг бир томчи учун P_1 нинг қийматини аниқлаш мақсадга мувофиқдир. У ҳолда:

$$2\pi r\alpha = \frac{P_1}{n}$$

ёки, $P_1 = mg$ эканлигини назарга олсак,

$$2\pi r\alpha = \frac{mg}{n} \quad (2)$$

Томчининг радиусини аниқлаш қийин. Шунинг учун сирт таранглик коэффициентини бу усул билан ўлчаш етарли даражада аниқ бўлмайди.

Қуйидаги усулдан фойдаланилса томчининг радиусини ўлчамасдан ҳам ишни бажариш мумкин. Бу усул шундан иборат: бюреткага навбат билан ҳажми бир хил бўлган ҳар хил суюқлик солинади. Бунда томчиларнинг оғирлигини ўлчаш урнига тенг ҳажмли суюқликнинг томчилаб оқиб чиқиши кузатилади ва томчилари саналади. Ҳажрибада ишлатиладиган суюқликлардан бирининг сирт таранглик коэффициенти маълум булиши керак.

Бундай шароитда (2) формулани қуйидагича ёзиш мумкин: биринчи суюқлик учун,

$$2\pi r\alpha_1 = \frac{1}{n_1} V \rho_1 g, \quad (3)$$



51- расм.

иккинчи суюқлик учун

$$2\pi r\alpha_2 = \frac{1}{n_2} V\rho_2 g. \quad (4)$$

(3) ва (4) даги n_1 ва n_2 — томчилар сони, ρ_1 ва ρ_2 лар эса биринчи ва иккинчи суюқликларнинг зичликлари.

(3) тенгликни (4) тенгликка ҳадма-ҳад бўлиш натижасида қуйидагини толамиз:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}.$$

бундан

$$\alpha_1 = \alpha_2 \frac{n_2}{n_1} \frac{\rho_1}{\rho_2}. \quad (5)$$

Ишнинг бажарилиши

Дастлаб бюретка текшириладиган суюқлик билан яхшилаб ювилади. Сунгра ҳар қайси суюқликдан бир хил V ҳажми қанча томчи бўлиши томчиларни санаб аниқланади.

Тажрибани ҳар қайси суюқлик учун бир неча (5—7) марта такрорлаб, n_1 ва n_2 ларнинг уртача қийматлари топилади. ρ_1 , ρ_2 ва α_2 ларнинг қийматларини жадваллардан олиб, (5) формуладан α_1 нинг қиймати ҳисоблаб чиқарилади.

Одатда, суюқликлардан бири ўрнида сирт таранглиги маълум бўлган суюқлик, масалан, сув олинади.

27-иш. Суюқликнинг сирт таранглик коэффициентини Ребиндер усули билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) Ребиндер қурилмаси, 2) термометр.

Иш туғрисида тушунча

Маълумки, суюқлик молекулалари ўртасида ўзаро тортишиш кучлари таъсир қилиб, бу кучлар молекулалар орасидаги масофанинг ошиши билан камайиб боради.

Молекула атрофида шундай сфера чизиш мумкинки (бу сфера молекуляр таъсир сфераси деб аталади), бу сферанинг ичида қўпгина бошқа молекулалар ҳам бўлади, бу молекулалар текширилаган молекулага таъсир кўрсатади. Бу кучлар ҳар томонга йўналганлиги учун бир-бирини мувозанатлайди.

Демак, бирор молекулага бошқа молекулаларнинг таъсир этиш кучларининг тенг таъсир этувчиси ўрта ҳисоб билан нолга тенг. Суюқлик сиртидаги молекулаларнинг молекуляр таъсир сферасининг фақат бир қисмигина суюқлик ичида бўлиб, бир қисми ҳаводадир. Суюқлик устидаги буғ ёки газ молекулаларининг зичлиги суюқлик-

инкидан куп марта кичик булганлигидан сирт қатламдаги молеку-
лани пастдаги молекулалар катта куч билан, юқоридаги молекула-
лар эса камроқ куч билан тортади. Натижада суюқликнинг ичига
йўналган катта куч пайдо булади. Шу куч таъсири остида суюқлик
ўз сиртини қисқартиришга инти-
лади.

Сиртнинг таранглик пардасини
мувозанатда сақлаб туриш учун
сиртта уринма равишда йўналган f
ҳосил булади. Бу куч сирт тар-
англик кучи дейилади.

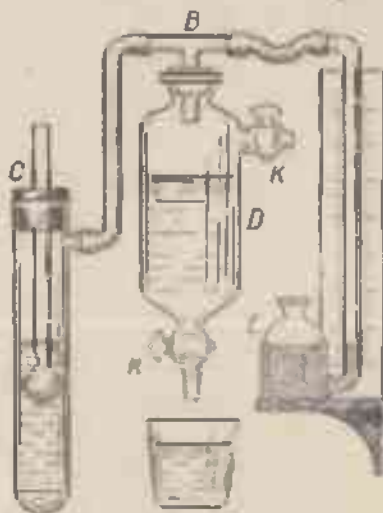
Сирт қатлами чегараси қанча
катта булса, бу куч ҳам шунча
катта булади, яъни:

$$f = \alpha \cdot l, \quad (1)$$

бундан сирт таранглик коэффици-
енти α ни топамиз:

$$\alpha = \frac{f}{l}. \quad (2)$$

Унинг ўлчов бирлиги $\frac{\text{дин}}{\text{см}}$



52- расм.

Қурилманинг тузилиши

D аспиратор ва E сув манометри уланган резина трубка билан
 C пробиркага текшириладиган суюқлик (сув ва симоб) солинади.
Пробирканинг оғзи резинка тикин билан бекитилган бўлиб, резинка
тиқин орасидан ингичка най утказилган. Найнинг ингичка учи тек-
шириладиган суюқликка ботирилади. C пробирка температурасини
ўзгартирмай сақлаш учун термостатга туширилган.

Агар D аспираторнинг K жумраги очилса, сув ундан оқиб чиқа
бошлайди ва манометр пробирка ичида босимнинг камайганини
курсатади. C пробирка ичида ва ундаги ингичка найча уртасида
босим фарқи ҳосил булади. Босимнинг бу фарқи туфайли ингичка
шиша найча учига ҳаво пуфакчалари пайдо булади. Бу пуфакча-
нинг катталашishiга суюқликнинг сирт таранглик кучи қаршилиқ
қилади. Лекин маълум бир босимда пуфакчанинг катталиги шундай
буладики, у найчанинг учидан узилиб, суюқликнинг устига чиқади.
Ҳисоблашлар курсатадики, насос узлуксиз ишлаб турганда мано-
метр курсатган максимал p босим текшириладиган суюқликнинг α
сирт таранглик коэффициентига тахминан тўғри пропорционал булади:

$$p = k\alpha, \quad (3)$$

бунда k — пропорционаллик коэффиценти бўлиб, асбобнинг усу-
сиятларига, аниқроғи, найча учининг радиусига боғлиқ. Тажриба

натижасига қурилманинг таъсирини йукотиш учун олдин сирт таранглиги маълум бўлган суюқлик билан тажриба қилинади. Сунгра, сирт таранглик коэффиценти аниқланадиган суюқлик билан тажриба қилинади ва иккала тажрибадан α топилади.

Биринчи суюқлик учун

$$p_0 = k\alpha_0$$

десак, иккинчи суюқлик учун

$$p = k\alpha$$

бўлади. Бу иккала тенгламадан:

$$\alpha = \frac{p}{p_0} \alpha_0. \quad (4)$$

Ишни бажариш тартиби

1. В жумракни очиб, манометрдаги суюқликнинг дастлабки сатхи қайд қилинади.

2. Ингичка шиша пайчани С пробиркадаги сувга шундай ботириладики, бунда найчанинг учи сув — симоб чегарасидан маълум бир масофада турсин.

3. В жумракни бекитиб, К жумрак очилади, пуфакчалар пайдо бўла бошлаган пайтда манометр курсатган босим қайд қилинади.

4. К жумрак ёпилади. Найчанинг учи симоб ичига 1—2 мм туширилади.

5. К жумрак очилади ва пуфакчалар текис пайдо бўла бошлаган пайтда манометр курсатган босим қайд қилинади.

6. (4) формуладан симобнинг сирт таранглик коэффиценти аниқланади.

Сувнинг ҳар хил температурадаги сирт таранглик коэффиценти китоб охиридаги жадвалдан олинади.

28-иш. Қаттиқ жисмларнинг чизикли кенгайиш коэффиценти аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) шу иш учун мослашган қурилма; 2) иссиқлик манбаи (спиртовка ёки примус); 3) 2 та термометр; 4) сантиметрли узун чизич; 5) микрометр.

Иш туғрисида тушунча

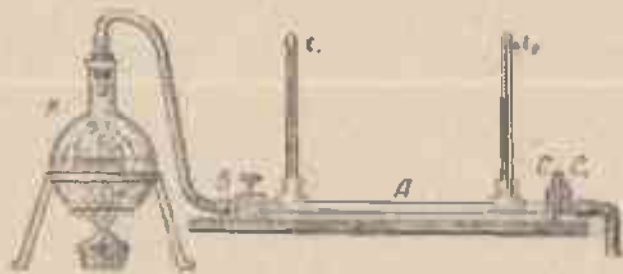
Қаттиқ жисмларнинг «чизикли кенгайиш коэффиценти» деб узунлиги узунлик бирлигига тенг жисмнинг 1°C иситилгандаги узайиш миқдорига айтилади. Қаттиқ жисмларнинг чизикли кенгайиш коэффиценти топиш учун 53-расмда курсатилган қурилмадан фойдаланамиз.

Қурилманинг тузилиши

Тегоч тахта устига A металл най ўрнатилган бўлиб, унинг бир ўчи B винт билан қузғалмас қилиб маҳкамланган. Иккинчи ўчига эса бири тахтага, иккинчиси пайга бириктирилган C ва C_1 уткир тиглар ўрнатилган.

Ишни бажариш тартиби

Энг аввал A найнинг узунлиги ўлчанади. Бунинг учун BC ораликни чизғич билан 1 мм гача аниқликда ва CC_1 ораликни микрометр билан $0,01$ мм гача аниқликда ўлчаб олинади.



53- расм.

CC_1 тигларнинг оралигини λ_0 билан, t_0 температура (ўй температураси) да A найнинг узунлигини l_0 билан белгилаймиз. Бу микдорларнинг узаро боғланиши қуйдагича ифодаланади:

$$l_0 = BC + \lambda_0. \quad (1)$$

Ўй температураси қурилмадаги ёки девордаги термометрға қараб аниқланади. Сунгра, K колбадаги сувни қайнатиб, унинг буги резинка найча орқали A найдан ўтказилади.

A най иссиқликдан кенгайиб, C_1 тиги C тигдан узоқлашади. Энг баланд температурага эришганда микрометр билан CC_1 ораликни ўлчаб натижани λ_1 билан белгиласак, A найнинг кейинги узунлиги (l_1) тубандагича ёзилади:

$$l_1 = BC + \lambda_1. \quad (2)$$

Иссиқлик таъсири остида найчанинг кенгайиши (бўйига узайиши);

$$\Delta l = l_1 - l_0 = BC + \lambda_1 - (BC + \lambda_0) = \lambda_1 - \lambda_0. \quad (3)$$

Найнинг охириги t температурасини қурилмадаги иккита термометр кўрсатишларининг ўртача қийматига тенг деб ҳисоблаймиз:

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

Най температураси

$$\Delta t = t - t_0$$

қадар кутарилди.

Энди t , Δt ва ΔL лар аниқлангандан сунг, металл найнинг чизиқли кенгайиш коэффициентини қуйидаги формуладан топамиз:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l \Delta t} \quad (1)$$

Бу тажрибани бир неча марта такрорлаб, α нинг ўртача қиймати топилади.

Нисбий хато катталиги аниқланади.

29-иш. Каттиқ жисмларнинг чизиқли кенгайиш коэффициентини Сокольский усули билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) Сокольский куримаси; 2) турли металл тасқчалар; 3) оптик труба; 4) рулетка (ўлчов лентаси).

Иш туғрисида тушунча

Агар бирор каттиқ жисмнинг температураси t_0 дан t_1 гача ўзгарса, унинг t_0 даги L узунлиги ΔL миқдорига ўзгаради (ўзаяди). Демак, чизиқли кенгайиш коэффициентининг ўртача (бир неча марта ўлчаб топилган) қиймати (α)

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \Delta t} \quad (1)$$

Бу коэффициентнинг қийматларини топиш учун узайишнинг температурага боғланишини тасвирловчи график чизиш керак. Бу мақсадда абсциссалар ўқига температурани ва ординаталар ўқига узайиш қийматини қуйиб график чизсак, графикнинг бирор нуктасида ўтказилган уринманинг температуралар ўқи билан ташкил этган бурчагининг тангенсин ($\operatorname{tg} \alpha$) узайиш коэффициентининг қийматига тенг бўлади (54-расм).

Ишни бажариш тартиби

Бунда ишлатиладиган куримма ёғ тулдирилган цилиндр идишдан иборат бўлиб, унинг ичига текшириладиган B металл стержень қуйилган (55-расм). Бу стерженьнинг ўстки учи S кузгуга тиралади ва 1,5—2 м узоқликда туриб, кузгунинг ҳаракатини оптик труба орқали кузатиш мумкин (55-расм).

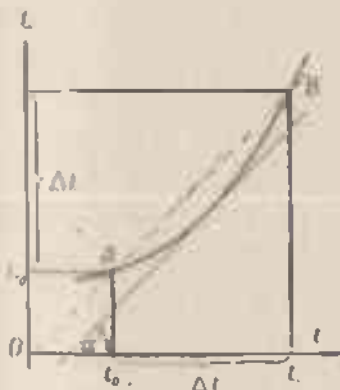
Металл стержень узунлиги ΔL қадар ўзгарсин, деб фараз қилайлик. Бу вақтда кузгу $\varphi = \frac{\Delta L}{r}$ бурчакка оғади.

Оптик трубадан караганда t , температурада шкалада n рақамн,
да m рақами куринади, яъни:

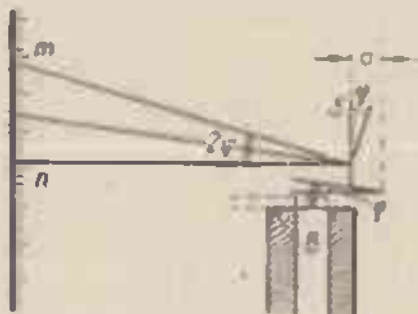
$$\frac{m-n}{D} = \operatorname{tg} 2\varphi, \quad (2)$$

бунда D — кузгудан шкалагача булган масофа; φ — бурчак кичик
булгани учун $\operatorname{tg} 2\varphi \approx 2\varphi$ деб олиш мумкин. Шунинг учун

$$\frac{m-n}{D} = \frac{2\Delta L}{a} \quad (3)$$



54- расм.



55- расм.

(3) дан

$$\Delta L = \frac{a(m-n)}{2D} \quad (4)$$

(4) нинг қийматини (1) га қўйсақ

$$\alpha = \frac{a(m-n)}{2LD(t_1-t_0)} \quad (5)$$

Стерженнинг узунлигини улчап ва уни идиш ичига солиб, куз-
гуни урнатиш керак. Сунгра, оптик трубади шкаланинг булимлари
куруниб турадиган қилиб урнатиш керак. Идишни электр токи
билан иситиб, термометр курсатишини ҳамда n ва m қийматларини
аниб олиш зарур.

Бу маълумотлардан фойдаланиб, узайиш микдорининг темпера-
турага боғланиш графиги чизилади, сунгра бу графикка бирор
нуқтада утказилган уришманинг огмалик бурчаги тангенсига топи-
лади:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{m-n}{t_0}$$

30- иш. Аралаштириш иули билан каттиқ жисмларнинг иссиқлик синимларини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) калориметр; 2) тарози ва та-
рази тошлари; 3) термометр; 4) текшириладиган жисм; 5) қайноқ сув; 6) ба-
ласт.

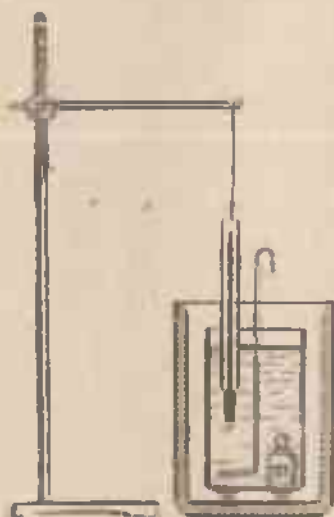
Ишлаш йули

Аввало калориметрнинг ички идишини аралаштиргич билин бирга тарозида тартамыз. Сунгра идишга керакли микдорда совуқ сув қуниб, тарозида унинг массасини топамиз.

Буш калориметрнинг массасини m_0 билан, сувли калориметрнинг массасини m_1 билан ва сувнинг массасини M билан белгиласак:

$$M = m_1 - m_0.$$

Барометр курсатган босимга қараб жадвалдан сувнинг тажриба шаронтидаги қайнаш температураси (T) ни топамиз. Массаси m г



56- расм.

булган жисмни ипга боғлаб, қайнаб турган сувга 10—15 минут солиб қуямиз. Калориметрда T температура-гача иситилган жисмни тезлик билан олиб, бошқа калориметрдаги t_0 градусли ($T > t_0$) сувга ботирамиз. Бу калориметр ичидаги сувни куракча билан аралаштириб тургани ҳолда термометр курсатган энг юқори t температурани қайд қиламиз. Агар идишнинг солиштирма иссиқлик сифимини c_0 билан, жисмнинг c билан белгиласак, калориметрга солинган иссиқ жисм совиганда узидан

$$mc(T - t)$$

калория иссиқлик микдорини сувга беради. Бу иссиқлик микдори ҳисобига калориметрдаги сув ва калориметр исийди. Улар исиганда олган иссиқлик микдори:

$$m_0(t - t_0)c_0 + M(t - t_0).$$

Калориметр атропоидаги муҳитга берилган иссиқлик микдорини ҳисобга олмасак, иссиқлик баланси тенгламаси куйидагича ифодаланлади:

$$mc(T - t) = M(t - t_0) + m_0c_0(t - t_0);$$

бундан,

$$c = \frac{(M + m_0c_0)(t - t_0)}{m(T - t)}. \quad (1)$$

Калориметрнинг m_0 массасини, ундаги сувнинг M массасини, идишнинг c_0 солиштирма иссиқлик сифимини, аралашманинг t температурасини (1) формулага куйиб, текшириладиган жисмнинг солиштирма иссиқлик сифими ҳисоблаб топилади.

Бу ишда бир неча жисмнинг солиштирма иссиқлик сифимини топиш керак.

31-иш. Суюқликнинг солиштирма иссиқлик сифимини электр калориметр ёрдами билан топиш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) калориметрлар; 2) амперметр
иш вольтметр; 3) иккита термометр; 4) сув ва текшириладиган суюқлик.

Иш туғрисида тушунча

Суюқлик солинган калориметр ичига ток ўтаётган спираль бо-
тирилса, суюқлик исий бошлайди. Бу ишда иссиқликнинг баланс
теңгласидан фойдаланилади. Электр ток ажратган иссиқлик ва
сув билан калориметрни иситиш учун кетган иссиқлик миқдорлари-
нинг балансини ифодаловчи формула:

$$0,24IVT = (cm + \omega)(t_2 - t_1), \quad (1)$$

бунда I — ток кучи, V — кучланиш, T — вақт (секунд ҳисобида),
 ω — идиш ва суюқликнинг сув эквиваленти, m — суюқлик мас-
саси, t_1 — суюқликнинг бошланғич ва t_2 — охири температураси,
 c — суюқликнинг солиштирма иссиқлик сифими.

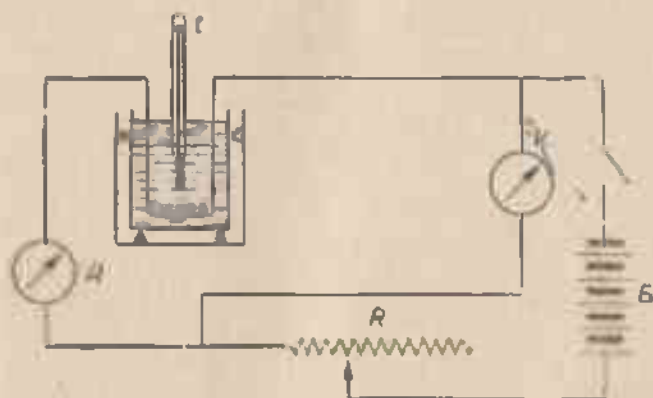
(1) дан суюқликнинг солиштирма иссиқлик сифимини топамиз:

$$c = \frac{0,24IVT - \omega(t_2 - t_1)}{m(t_2 - t_1)}$$

Ишни бажариш тартиби

1. Калориметрга текшириладиган суюқлик қуйилади, аралаш-
тирилади ва бошланғич температураси аниқланади.

2. Калориметрни 57-а расмдаги схема бўйича электр занжирга
улаб, амперметр ва вольтметр кўрсатишлари ва токнинг утиб ту-
риш вақти ёзиб олинади.



57-а расм.

3. Суюқлик температураси уй температурасидан бир оз кўтарилгандан кейин занжирни узиб ва суюқликни аралаштириб, охириги температураси ёзиб олинади.

Тажрибадан олинган миқдорларни (2) формулага қўйиб, суюқликнинг солиштирма иссиқлик сигими ҳисоблаб топилади.

Машиқ

Икки хил суюқликни солиштириши йўли билан уларнинг иссиқлик сигимини аниқлаш.

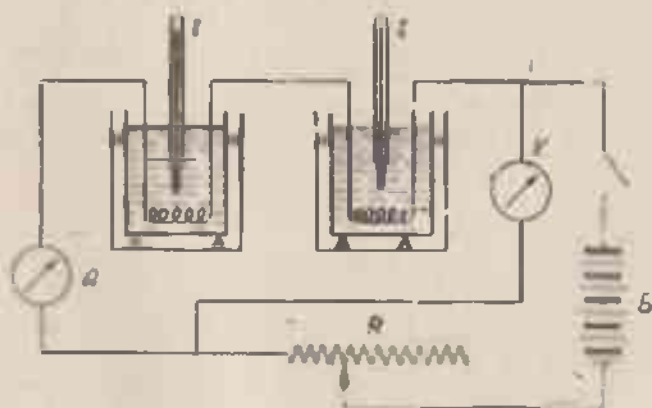
Икки хил суюқликни иккита калориметрга солиб, уларга ток утадиган спираллар ботирилади.

Идишларга массалари m_1 ва m_2 булган суюқликлар (сув ва керосин) солинган булсин деб фарз қилайлик. Идишларнинг сув эквивалентлари ω_1 ва ω_2 ёки ($\omega_1 = m_1 c_1$; $\omega_2 = m_2 c_2$) булиб, суюқликларнинг бошланғич температуралари t_1 ва t'_1 булсин.

Спиралдан ток утказиб суюқликлар иситилганда температуралари t_2 ва t'_2 булади.

Суюқликларнинг солиштирма иссиқлик сигимлари c_1 ва c_2 булса, калориметрлар билан улардаги суюқликларни иситиш учун сарф этилган иссиқлик миқдорлари Q_1 ва Q_2 булиб, улар бир-бирига тенг булиши лозим, яъни:

$$Q_1 = Q_2. \quad (3)$$



57-6 расм.

Q_1 ва Q_2 иссиқлик миқдорлари қуйидагича ифодаланади:

$$Q_1 = (m_1 c_1 + \omega_1) (t_2 - t_1),$$

$$Q_2 = (m_2 c_2 + \omega_2) (t'_2 - t'_1).$$

Шунинг учун (3) ни қуйидагича ёзамиз:

$$(m_1 c_1 + \omega_1) (t_2 - t_1) = (m_2 c_2 + \omega_2) (t'_2 - t'_1).$$

Сувнинг солиштирма иссиқлик сизими c_1 - I булгани учун керо-
сичнинг солиштирма иссиқлик сизими:

$$c_2 = \left[\frac{(m_1 + m_2)(t_2 - t_1)}{(t_2 - t_1)} - m_1 \right] : m_2. \quad (4)$$

Машқни бажариш тартиби

Бунинг учун калориметрлар 57-б расмдаги схема бўйича бир-
бирига уланади.

Суюқликларнинг массаларини (m_1, m_2) аниқлаб, уларни кало-
риметрга қуйиш ва ҳар бирининг бошланғич температураларини
(t_1 ва t_2) ёзиб олиш керак.

Бундан кейин, занжирдан бир оз вақт электр ток утказиб ту-
рилади. Суюқликларнинг температуралари уй температурасидан бир
неча градус кутарилганда занжирни узиб, калориметрдаги суюқ-
ликларнинг охириги (t_3, t_4) температураларини ёзиб олиш керак.

Ўлчаб топилган миқдорларни (4) формулага қуйиб, суюқликнинг
солиштирма иссиқлик сизими ҳисоблаб топилади.

Ўлчашдаги нисбий хато катталиклари ϵ_1 ни аниқлашга нақадар
таъсир қилгани топилади.

32-иш. Сувнинг солиштирма буғ ҳосил булиш иссиқлигини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) калориметр (ағраштиргичи
бирга); 2) термометр ($0,1^\circ$ ли шкала); 3) сув қайнатиладиган шиша колба
ва спиртовка (ёки бишқа бир иссиқлик манбаи); 4) буғ қуригич (сухопарник);
б) тоза сув; в) тарози ва тошлари.

Иш туғрисида тушунча

Қайнаш температурасидаги I г сувни бугга айлантириш учун
керак булган иссиқлик миқдори сувнинг «буғ ҳосил булиш солиш-
тирма иссиқлиги» деб аталади.

Аввало калориметр ичидаги конденсатор (спираль шаклидаги
мис най) спиртовка билан иситиб қуригилади. Калориметр, конден-
сатор ва куракчаларнинг массаси m_0 улчанади. Конденсаторни ка-
лориметр ичига урнатиш вақтида етарли миқдорда совуқ сув
қуйиш зарур.

Калориметрнинг ичига сув қуйилгандаги m_1 массаси аниқлана-
ди. Калориметрга қуйилган сувнинг M массасини m_0 ва m_1 масса-
лар айирмаси орқали ифодалаймиз:

$$M = m_1 - m_0.$$

Сув қайнатиладиган D колбага тоза сув солиб қайнагандан
кейин мис най билан колбани буғ қуригичга қушиш, буғ қуриг-
ичнинг учини эса калориметрдаги конденсаторга улаш керак.

Колбадан чиққан буғ (сув буғи) колбани калориметр билан туташтирувчи найдан утишда қисман конденсацияланиб бугни ҳуллайдн. Мана шу ҳул буғ калориметрга кирмаслиги учун буғ сухопарникда қурилиб, сунгра калориметрга юборилади.

Калориметр ичига буғ юбормасдан олдин ундаги сувнинг бошланғич t_1 температураси улчанади.

Калориметрга кирган буғ узининг буғланиш иссиқлигини калориметрга ва калориметрдаги сувга бериб сувга айланади. Конденсатордан буғ утаётган вақтда калориметрдаги сувни аралаштиргич билан аралаштириб термометр курсатишларининг ўзгариши диққат билан кузатиб турилади.

Калориметрдаги сувнинг температураси уйдаги ҳавонинг температурасидан 10° кўтарилганда калориметрга буғ бериш тўхтатилиб (бунинг учун колба оловдан олинадн), калориметр сувда турган термометр курсатган энг юқори температура ёзиб олинадн. Бу температура сувнинг ва калориметрнинг охириги температураси (T) бўлади.

Колбада сув қайнаган вақтда барометрга қараб атмосфера босимини аниқлаймиз ва шу босимда сувнинг қайнаш температураси (t_2) ни жадвалдан топамиз. Калориметрнинг охириги температураси (T) ни аниқлагандан сунг калориметрни (ичидаги суви, аралаштиргичи ва конденсатори билан бирга) яна тарозида тортиб, m_1 массаси аниқланади. Бунда калориметрдаги сувнинг массаси

$$m = m_2 - m_1$$

грамм ортади.

Демак, m грамм буғ сувга айланган экан.

Агар калориметрнинг атрафидаги муҳитга берган иссиқлигини эътиборга олмасак, калориметрнинг ва ундаги сувнинг олган иссиқлик миқдори Q :

$$Q = mc_2(T - t_1) + M(T - t_1) \quad (1)$$

Буғ калориметр ичида қайнаш температурасидаги сувга айланиб, узидан Lm иссиқлик миқдори буғ ҳосил булиш солиштирма иссиқлиги) чиқаради. Лекин бу ишда калориметрга бугнинг буғ ҳосил булиш иссиқлигини эмас, балки бугнинг сувга айланиб калориметр-

даги сув температурасигача совишида чиқарган иссиқлиги ҳам берилди. Демак, буғ ва ундан ҳосил булган сув берган умумий иссиқлик миқдори:

$$Q = Lm + m(c_2 - T). \quad (2)$$

Ташқи муҳитга иссиқлик тарзида кетган исрофларни ҳисобга олмаганда (1) билан (2) нинг тенглигидан қуйидаги тенглик келиб чиқади:

$$m_0 c_0 (T - t_1) + M (T - t_1) = Lm + m c (t_2 - T). \quad (3)$$

(3) формуладан солиштирма буғ ҳосил бўлиш иссиқлигини топишимиз:

$$L = \frac{(m_0 c_0 + M)(T - t_1) - m c (t_2 - T)}{m}$$

Калориметрнинг атрофга иссиқликни камроқ сочиши учун, унга солинадиган сувнинг температураси уйдаги ҳавонинг температура-сидан 5—6° паст бўлиши керак.

Улчашдан топилган миқдорларни юқоридаги формулага қўйиб, сувнинг буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги ҳисоблаб топилади.

33- иш. Ҳавонинг нисбий намлигини Август психометри билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) Август психометри; 2) барометр.

Иш туғрисида тушунча

Август психометри иккита бир хил термометрдан иборат (59-расм). Термометрлардан биттасининг шарчасига дока ўралган, иккинчисининг шарчаси эса ҳавода қуруқ туради. Бунда дока сувга тегиб туради, докадаги сувнинг буғланиши натижасида дока ўралган шарчадаги симобнинг температураси паст бўлади, демак, ҳул термометр пастроқ температура кўрсатади. Сув қанчалик тез буғланса, бундаги термометр кўрсатишлари фарқи шунча катта бўлади.

Асбоб сувнинг ҳавода буғланиш тезлигига асосланиб ишлайди. Ҳул термометр кўрсатган температура t_1 , қуруқ термометриники t_2 бўлсин.

Ҳул термометрнинг кўрсатиши муҳитнинг температурасидан паст бўлади. Ҳул термометр шарчасининг муҳитдан оладиган иссиқлик миқдори сувнинг буғланиши учун сарф бўлаётган иссиқлик миқдори билан барабар бўлганда иссиқлик мувозанати рўй беради.

Термометрлар кўрсатишларининг айирмаси унчалик катта бўлмаганда ҳул термометр шарчасининг олган Q_1 иссиқлик миқдори унинг сирти (S) га, температуралар айирмаси ($t_2 - t_1$) га ва вақт (τ) га тўғри пропорционал бўлади, яъни:

$$Q_1 = cS(t_2 - t_1)\tau. \quad (1)$$

бунда t_1 ва t_2 — қуруқ ва ҳул термометрлар кўрсатган температу-ралардир.

Хўл термометрнинг буғланиш вақтида чиқариб турадиган Q_1 иссиқлик миқдори буғланиш тезлиги (v) га ва буғланиш вақти (τ) га тўғри пропорционал бўлади, яъни:

$$Q_1 = kv\tau. \quad (2)$$

Буғланиш тезлиги учун Дальтон қуйидаги тенгламани тавсия қилган:

$$v = \frac{cS}{H} (P - p), \quad (3)$$

бунда S — буғланиш юзи, H — атмосфера босими (мм симоб устуни ҳисобида), P — хўл термометр курсатиб турган температурада тўйинган буғ босими (бу босим жадвалдан олинади), p — атмосферадаги буғнинг босими, c_1 — ҳавонинг динамик ҳолатига боғлиқ булган пропорционаллик коэффициент.

Хўл термометр билан ҳаво ўртасида иссиқлик мувозанати рўй берган $Q_1 = Q_2$ ҳолатини тубандигича ифодалаш мумкин:

$$cS(v_1 - t_1)\tau = \frac{L_{v1}S}{H} (P - p), \quad (4)$$

бундан,

$$p = P - \frac{c}{L_{v1}} H (t_1 - t_1). \quad (5)$$

$\frac{c}{L_{v1}} = A$ катталик психрометрининг доимийси дейилади.

Оддий Август психрометри учун $t_1 > 0$ бўлганда $A = 0,0008$, $t_1 < 0$ бўлганда эса $A = 0,00069$ бўлади.

$t_1 > 0$ бўлганда:

$$p = P - 0,0008H (t_2 - t_1). \quad (6)$$

$t_1 < 0$ бўлганда

$$p = P - 0,00069H (t_2 - t_1). \quad (7)$$

Тажрибани шомол йўқ вақтида очиқ ҳавода ўтказганда (6) ва (7) формулалар бўйича ҳисоблаб чиқарилган миқдорлар тўғри бўлади.

Агар тажриба хона ичида ўтказилса, юқоридаги формулалар бўйича ҳисоблаб чиқарилган натижалар анча кам чиқади. Ҳаво ҳаракатсиз бўлганда психрометрининг узини узун ипга боғлаб, маятник каби тебратиш маъқул.

p ни аниқлаш учун аввало P ни хўл термометр курсатиб турган температурага қараб китоб охиридаги жадвалдан ёзиб олинади.



59- расм.

Ишни бажариш тартиби

Термометр шарчасига уралган докани сув билан ҳўллаб, доканини бир учи остидаги стаканчага тушириб қўйилади. Психрометрининг узи ҳаракатлантирилади ёки ҳаво вентилятор билан ҳарикатга келтирилади. Аввал ҳўл термометрнинг симоби пастга тушиб, сунгра бир нуқтада тухтаб қолади. Бунда термометр шарчасидаги симоб билан атрофидаги ҳаво орасида иссиқлик мувозанати рўй берган бўлади. Мана шу вақтда ҳўл термометр курсатган t_0 температура ва қуруқ термометр курсатган t_1 температура ёзиб олинади. Атмосфера босими (H) барометрдан ёзиб олинади.

Ғажрибадан олинган миқдорларни формулага қўйиб, p нинг қиймати ҳисоблаб чиқарилади.

$\frac{p}{p'} = f'$ нисбат ҳавонинг нисбий намлигидир.

Бу нисбатни 100 га кулайтириб, ҳавонинг нисбий намлиги процентлар ҳисобида ифодаланади.

Ғажрибадан олинган маълумотлар қўйидаги жадвалга ёзилади.

Ҳўл термометрнинг температураси	Қуруқ термометрнинг температураси	p	H	p'	$f\%$	t_0

34- иш. Ҳаво намлигини гигрометр билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) Ламбрехт гигрометри; 2) реометр; 3) термометр; 4) психрометр.

Иш тўғрисида тушунча

Ғр юзидаги сув узлуксиз равишда буғланиб, бу буғ ҳавога тарқалишиб туради. Атмосфера босими қуруқ ҳаво ва ундаги сув буғи босимларининг йиғиндисидан иборатдир.

Муайян температурада ҳавонинг ҳажми бирлигидаги сув буғларининг миқдори **абсолют намлик** дейилади.

Абсолют намлик I — ҳаводаги сув буғининг граммлар билан ҳисобланган миқдорини ифодалайди. Ҳавонинг намлигини тула ҳарикатга келтириб, унинг абсолюти намлиги тушунчасидан ташқари **нисбий намлик** тушунчаси ҳам киритилади.

Нисбий намлик деб, абсолют намлик катталигини берилган температурада бўлган тўйинган ҳаводаги буғ миқдорига булган нисбатига айтилади.

Одатда нисбий намлик процентлар билан ифодаланади.

Агар абсолют намликни I билан, уй температурасидаги ҳавода тўйинган буғни F билан ва нисбий намликни B билан белгиласак, нисбий намликни қуйидагича ифодалай оламиз:

$$B = \frac{I}{F} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Температураси 0°C ва босим 760 мм симоб устунига тенг булган 1 м^3 ҳажмли қуруқ ҳавонинг массаси 1293 г га тенг булади.

Сув буғининг зичлиги u билан бир хил босимдаги ҳавога нисбатан $0,622$ га тенг. Шунинг учун ҳажми 1 м^3 , температураси $t^\circ\text{C}$ булган ҳаводаги сув буғининг миқдори бугнинг q босими орқали қуйидаги формула билан ифода қилинади:

$$q = \frac{1293 \cdot 0,622}{760} \cdot \frac{q}{1 + \alpha t} \cdot 273^\circ = \frac{1,058}{1 + \alpha t} p \cdot 273^\circ, \quad (2)$$

бунда α — ҳавонинг ҳажм кенгайиш коэффиценти.

Тайин бир температурада ҳаводаги тўйинган буғнинг граммлар билан ҳисобланган F миқдорини қуйидагича ёза оламиз:

$$F = \frac{1293 \cdot 0,622}{760} \cdot \frac{F}{1 + \alpha t} \cdot 273^\circ = \frac{1,058}{1 + \alpha t} p \cdot 273^\circ. \quad (3)$$

f ва F нинг (2) ва (3) формулалардан топиладиган қийматларини (1) га қўямиз:

$$B = \frac{1,058}{f} = \frac{1,058}{\frac{1,058}{1 + \alpha t} p \cdot 273^\circ} \cdot 100\% = \frac{1 + \alpha t}{273} \cdot 100\%.$$

ёки

$$B = \frac{1 + \alpha t}{273} \cdot 100\%. \quad (4)$$

Демак, нисбий намликни топиш учун 1 м^3 ҳаводаги буғнинг граммлар билан ҳисобланган миқдорлари ($f_2/\text{м}^3$ ва $F_2/\text{м}^3$) урнига уларнинг симоб устунининг миллиметрларда ҳисобланган q ва p босимлари олинса булади.

Тўйинган буғ босимининг истаган температуралардаги қийматлари жадваллардан олинади.

Намликни ўлчайдиган асбоб *гигрометр* дейилади.

Ламбрехт гигрометрида (60-расм) намлик шудринг нуқтасини белгилаш йули билан топилади.

Буғга тўйинмаган ҳавони буғга тўйинтириш учун ҳавонинг температурасини пасайтириш ёки ҳажминини кичрайтириш керак.

Ишни бажариш тартиби

Ламбрехт гигрометрини K қутичага қўйиб, сунгра тешигига термометр ўрнатади. K қутичадаги эфир буғлари A резинка пуфак ёрдами билан ҳайдаб турилади. K қутичадаги эфир нақадар

тга ҳайдалса, ундаги эфир шунчалик тез буғланади. Эфирнинг буғланишига сарф этиладиган иссиқлик миқдори эфирнинг ички энергияси ҳисобига бўлади. Шунинг учун эфирнинг совиши билан K қутича ҳам совий бошлайди. Бир оздан кейин K қутичанинг S томи хиралашади (хиралашганини гигрометрнинг B қисмига қараб билиш мумкин). K қутининг совиши билан унинг атрофидаги сув бутлари тўйинтирувчи буғ ҳолатига келади.

Бунда қутичанинг S юзида майда-майда сув томчилари ҳосил бўлади. Шу вақтда гигрометрдаги термометрга қараб шудринг нуқтаси (t_1) ёзиб олинади. Бундан бир оз вақт ўтгач S даги майда сув томчилари йуқола бошлайди. Бу пайтдаги температура (t_2) ҳам қайд қилинади.

Шудринг нуқтаси шу иккала температура орасида бўлади:

$$t_0 = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

t_0 температурада тўйинтирувчи буғнинг q босимининг қиймати китоб охиридаги жадвалдан олинади ва сунгра ҳавонинг t_0 температурадаги абсолют намлиги топилади.

Лабораториянинг деворидаги термометрга қараб уй ҳавосининг ҳақиқий t температураси топилади ва шу температурада ҳаводаги ту-
тинган буғнинг p босими қийматини жадвалдан олинади.

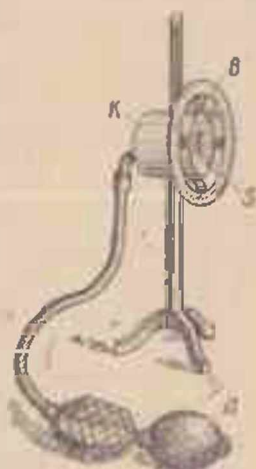
Натижада топилган q ва p ларнинг қийматларини (4) тенгламага қўйиб, ҳавонинг нисбий намлиги B топилади.

Нисбий намликнинг уртача қийматини топиш учун бу иш 5—6 марта такрорланади ва ҳар гал улчаш натижалари тубандаги жадвалга ёзилади:

Тақриб. номери	t_1	t_2	t_0	t	q	p	B

35-иш. Иссиқликнинг механик эквивалентини аниқлаш

Қеракли асбоб ва материаллар: 1) Роуленд — Жоуль қурилмаси; 2) иккита термометр; 3) электр двигатели; 4) реостат; 5) калит.



60- расм.

Иш тўғрисида тушунча

Иссиқлик энергияси сарфлаш ҳисобига механик энергия ҳосил қилиш мумкин. Аксинча, механик энергияни иссиқлик энергиясига айлантириш мумкин.

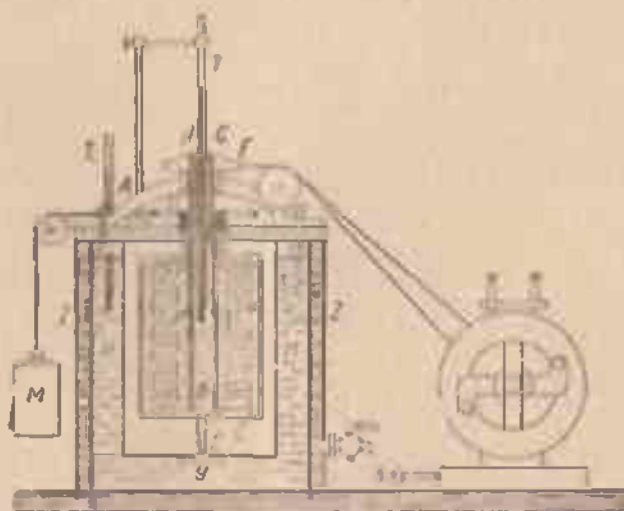
Иссиқлиқнинг механик эквиваленти бир калория иссиқлик ҳосил қилиш учун қанча ΔT иш бажариш кераклигини курсатади.

Агар сарф қилинган ишни A билан, шу иш ҳисобига ҳосил булган иссиқлик миқдорини Q билан ва иссиқлиқнинг механик эквивалентини J билан белгиласак:

$$J = \frac{A}{Q} \quad (1)$$

Курилманинг тузилиши

Бу асбоб ташқарисига наमत уралган ZZ идиш ичига солинган никелланган C жез калориметрдир (61-расм); ZZ идишга уй температурасидаги сув қуйилган бўлиб, у калориметрни температура-нинг тасодифий ўзгариб қолишларидан сақлайди. Калориметр D шкивга доимий бириктирилган; калориметрнинг тагидаги E ниш



61- расм.

конуссимон u чуқурчага эркин таяниб туради. Калориметрга киритиладиган ва PP куракчалари бор GB жез трубка калориметрни юкоридан ушлаб туради; GB трубка эса қўзғалмас A подшипникка таяниб туради. Жез трубканинг G учига F шкив қўндирилган бўлиб, бу шкив моторга узлуксиз қайиш ердамида бириккан.

Расмда курсатилмаган счётчик F шкивнинг айланишини ва PP куракчаларнинг айланишини қайд қилади. Двигателнинг айланишини сони расмда курсатилмаган реостат билан ўзгартирилади. PP куракчалар айланиб, суюқликни ҳам айлантиради. Бунда бажарилган иш иссиқликка айланади, чунки суюқлик қовушоқдир; суюқликнинг температураси кутарилади. Ички ишқаланиш кучлари борлиги туфли калориметрнинг U иш ҳам айлана бошлайди. Лекин D шкивга айлалган ипдаги M юк калориметрнинг бу айланишига қаршилик қилади. Юкнинг оғирлик кучи двигател тасмаси таранглик кучининг моментига қарши йуналган момент ҳосил қилади. Моторнинг иш демак, куракчаларнинг айланиш тезлигини реостат билан ўзгартириб, бу икки моментнинг қийматларини тенглаштириш мумкин; калориметр айланмайдиган бўлади, M юк ипда қимирламай туриб туради, механик иш эса бу ҳолда бутунлай иссиқликка айланади.

Ўлчаш

1. Ташқи идишга тулатиб уй температурасидаги сув (HH) қуйилади.

2. Калориметрнинг ички C идишга температураси уй температурасидан $1-2^\circ$ пастроқ бўлган 1500 г сув қуйилади.

3. Курилма расмда курсатилгандек қилиб йиғилади.

4. D блокдан утказилган ипга M юк боғланади.

5. T ва T_1 термометрлар жойларига ўрнатилади.

6. Реостат максимум қаршиликка қуйилади.

7. Электр двигател калит ёрдамида юргизилади.

8. M юк стол устидан $3-5$ см кутарилгунча реостат қаршилигини камайтириб, шу ҳолда қолдирилади.

9. Калориметр ўқи ҳар $400-1000$ айланганда T , T_1 термометрлар курсатган температуралар ёзиб борилади.

Ҳисоблаш

Механикадан маълумки, айланиш ҳаракатда бажарилган иш қуйидагича ифодаланади:

$$A = M\varphi \quad (2)$$

бундаги M — иш бажарувчи кучнинг momenti, φ — айланиш бурчиги. Шунинг учун куракчалар N марта айланганда бажарилган ишнинг миқдори:

$$A = 2\pi N R F, \quad (3)$$

бундаги R катталик D шкивнинг радиуси, F эса M юкнинг оғирлиги.

Иккинчи томондан, калориметрда ҳосил бўлган иссиқлик миқ.

$$Q = (P + \omega) \Delta t, \quad (4)$$

бундаги: P — калориметрдаги сувнинг оғирлиги, Δt — температура-
нинг ўсиши, w — калориметрнинг сув эквиваленти:

$$w = 0,093G$$

деб олиш мумкин, бундаги G — калориметр билан аралаштиргичнинг
оғирлиги, 0,093 — жезнинг солиштирама иссиқлик сифими.

(3) дан A нинг ифодасини ва (4) дан Q нинг ифодасини (1) га
қўйсак:

$$J = \frac{A}{Q} = \frac{2\Delta nRT}{(P + w)\Delta t} \quad (5)$$

Δt ни эса термометр ёрдамида билиш мумкин.

Тажрибани бир неча марта такрорлаб, J нинг уртача қиймати
топилади. Нисбий хатолари ҳисобланади.

III БОБ ЭЛЕКТР.

ЭЛЕКТР ҰЛЧОВ АСБОБЛАРИНИНГ КЛАССИФИКАЦИЯСИ ВА БАЪЗИ АСБОБЛАРИНИНГ ИШЛАШ ПРИНЦИПИ

1. МАГНИТОЭЛЕКТР ҲОДИСАСИГА АСОСЛАНИБ ЯСАЛГАН ЭЛЕКТР ҰЛЧОВ АСБОБЛАРИ

Магнитоэлектр ҳодисасига асосланиб ўзгармас ток кучини ва кучланишини улчайдиган асбоблар ясалади. Бу улчов асбобларини олиб юриш ёки деворга қоқиб қуйишга мослаб ясаш ҳам мумкин.

Магнитоэлектр ҳодисасига асосланиб ясалган электр улчов асбоблари қўзғалмас тақасимон A магнитдан иборат бўлиб (62-расм), бу магнитнинг икки четига юмшоқ темирдан ярим доира шаклида бириктирилган K ҳалқа орасига туташ цилиндр — D уқ урнатилган. Ҳалқа билан цилиндр (уқ) ораси 1,5—2 мм бўлиб, бу ерда бир жинсли магнит майдони ҳосил бўлади.

Асбобнинг ҳаракатланувчи қисми енгил металлдан ясалган туғри бурчакли B рамка бўлиб, унинг устига изоляцияланган сим уралган. Цилиндр устига урнатилган бу рамка магнит кутблари орасида эркин айлана олади.

Рамка устига уралган изоляцияли симдан ток утганда пайдо бўлган магнит майдони қўзғалмас тақасимон магнитнинг магнит майдони билан узаро таъсирда бўлади. Мана шу магнит майдонларининг узаро таъсирлари натижасида рамка айланма ҳаракатга келади.

Рамканинг унғ ёки чап томонга айланиши (бурилиши) ундан утаётган токнинг йўналишига боғлиқдир.

Рамкага S стрелка ва магнитланмайдиган металлдан ясалган икки-та E спираль пружина урнатилган.

Бу пружиначалар, биринчидан, рамкадаги симнинг икки учига ток олиб келиш хизматини бажарса, иккинчидан, рамканинг бурилиш йўналишига қарши эластиклик таъсирларини беради.

Асбоб стрелкасининг остига бўлимларга бўлинган шкала урнатилган. Рамканинг электр айланиш моменти пружиначаларнинг қарши томонга йўналган моментлари билан мувозанатда бўлган чоғларидагина стрелка шкаланинг маълум бўлимида туради.

Магнитоэлектр ҳодисасига асосланиб ясалган электр улчов асбоблари жуда сезгир бўлиб, аниқлиги жуда каттадир.

Магнитоэлектр асбоблари энг катта микдорларни улчаб, фақат 0,2% хатоликка йўл қўяди ва иш вақтида жуда оз энергия сарф қилади.

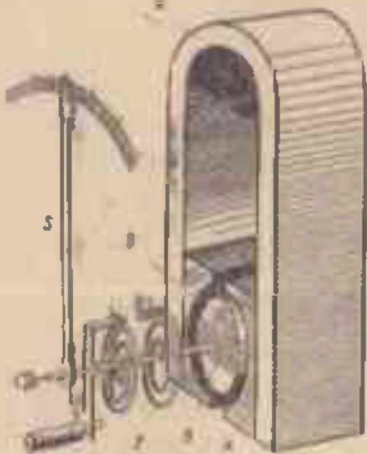
Масалан, деворга (шчитга) ўрнатилган вольтметрларнинг ҳар бир вольтига 100—300 ом қаршилиқ туғри келса, лаборатория вольтметрларининг ҳар бир вольтига эса 1000 ом қаршилиқ туғри келади.

150—200 вольтни улчай оладиган вольтметр узига 2 ватт, 5—10 амперни улчай оладиган амперметр эса узига 0,5 ватт энергия сарф қилади.

Магнитоэлектр асбоблари шкаласининг бўлим қиймати бир хил булади.

Ташқи магнит майдони ва температуранинг узгариши асбобга сезиларли даражада таъсир кўрсатмайди.

Магнитоэлектр ҳодисасига асосланиб ясалган асбоблар фақат узгармас токни улчашда ишлатилади. Бу хил ҳодисага асосланиб ясалган амперметр, вольтметр ва гальванометрларнинг хиллари жуда кўпдир:



62- расм.

2. ЭЛЕКТРОМАГНИТ ҲОДИСАСИГА АСОСЛАНИБ ЯСАЛГАН ЭЛЕКТР УЛЧОВ АСБОБЛАРИ

Электромагнит ҳодисасига асосланиб ясалган электр улчов асбоблари узгармас ва узгарувчан ток занжирларида ток ва кучланишни улчашга имкон беради.

Агар узгарувчан токнинг частотаси 50 *гц* бўлса, бунинг ҳам узгармас, ҳам узгарувчан ток асбоблари билан улчаш мумкин. Бироқ, асбобда ишлатиладиган темир ўқнинг сифати ҳар иккала токни, яъни узгармас ва узгарувчан токни бир хил аниқлик билан улчашга имкон бермайди.

Шунинг учун фақат узгармас токни алоҳида ёки узгарувчан токни алоҳида катта аниқлик билан улчай оладиган асбоблар махсус ясалади ва асбобнинг устига қандай токни улчашини кўрсатадиган белги қўйилади. Лекин ҳар иккала токни улчаш учун ясалган асбобларни ҳам кўп учратиш мумкин.

Узгармас ва узгарувчан токларни улчашга мосланган асбоб устига $\pm$ белги қўйилади.

Электромагнит система электр улчов асбобларининг тузилиши принципи қуйндагичадир:

Турт бурчакли электромагнит ғалтак *A* қўзғалмас қилиб урнати́лган (63-рәсм). Ғалтакдан улчаниладиган у́зғармас ёки у́зғарувчан ток утганда ғалтакнинг кенг тешигидан чиққан магнит куч чизиклари ғалтак уқи билан бир йуналишда булади.

A ғалтакдан ташқарида унинг уқиға перпендикуляр килиб урнати́лган *C* уққа юмшоқ темирдан ясалган доиравий *B* пластинка маҳкамланган. Ғалтакдан ток утганда ҳосил булган магнит майдони таъсири остида *B* пластинка ғалтакнинг тешиги томонидан тортилади.

Ғалтак тешигида ҳосил булган магнит майдонининг тортиш кучи ундан утаётган токнинг кучиға боғлиқ. Агар ғалтакка уралган симлардан қанча куп ток утса, магнит майдони шунча кучли булади.

Юмшоқ темирдан ясалган пластинканинг ҳаракатиға қарш теъсир этувчи спираль пружина маҳкамланган. Уқ устиға *S* стрелка бириктирилган булиб, у булимларға булинган шкала буйинча ҳаракат қилади. Агар шкала даражаланган бўлса, стрелка маълум миқдорнинг ўлчовини (ампер ёки вольтни) курсатади.

Юмшоқ темир пластинкаға *E* поршень ва ҳаво таъсирида стрелканинг тебранмаслиги учун *D* регулятор урнати́лган. Электромагнит система электр ўлчов асбобларининг тузилиши оддий ва амалда фойдаланишға жуда қулайдир.

Бу асбобларнинг ўлчаш аниқлиги 1,5—2% булиб, жуда ҳам мукаммал ясалган асбобларники 0,5—0,3% гача боради.

Ўлчаш вақтида амперметрлар сарф этган энергия миқдорлари 1—5 *вт* га тенг бўлади, катта токларни ўлчайдиган амперметрларники эса 5—12 *вт* дан ошмайди.

Бу системадаги асбобларнинг камчилиги қуйидагилардан иборат:

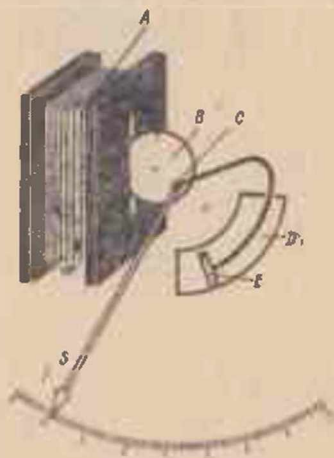
1) Бу асбобларнинг кўрсатишиға ташқи магнит майдони таъсир қилади. Буни камайтириш мақсадида асбоб жойлаштириладиган қути темирдан ясалади.

2) Булим қийматлари бир хил катталиқда булмайди.

3) Ўлчаш хатоси 2% га етади.

3. ЭЛЕКТРОДИНАМИК ПРИНЦИПГА АСОСЛАНИБ ЯСАЛГАН ЭЛЕКТР ЎЛЧОВ АСБОбЛАРИ

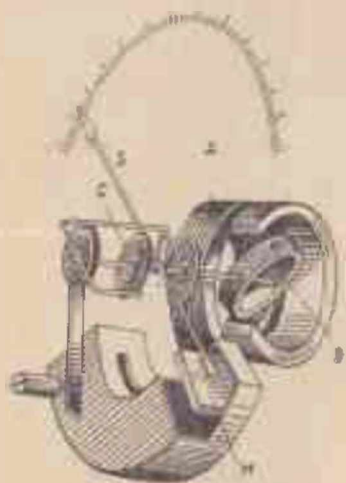
Электродинамик система электр ўлчов асбоблари икки ғалтакдан утувчи токларнинг ўзаро таъсирларига асосланиб ясалади. Ғалтакнинг бири ҳаракатланувчан, иккинчиси эса қўзғалмас булади.



63- рәсм.

Куйида электродинамик принципга асосланиб ясалган айланма ғалтакли электр улчов асбобининг тузилиши курсатилган (64-расм).

Кузғалмас ғалтак икки булак *A* ҳалқада иборат. Булар орадан *C* утказилган булиб, унинг учига ҳаракатланувчи *B* ғалтак маҳкамланган, *S* стрелка ва ҳаво таъсирида стрелкани тебритишдан сақловчи *M* регулятор жойлаштирилган.



64- расм.

Ҳаракатланувчи ғалтакка ток стрелканинг ҳаракатига тескари таъсир этиш мақсадида спираль пружина орқали юборилади. Асбобга кирувчи ток I иккала ғалтакдан утади, ҳаракатланувчи ғалтак ток магнит майдонлари таъсирида буралиб ҳаракатга келади. Ҳаракатланувчи ғалтакнинг магнит майдони куч чизиқлари йуналиши кузғалмас ғалтакнинг магнит майдони куч чизиқлари йуналиши билан мос тушишига интилади.

Шундай қилиб, икки ғалтакдан ток утганда пайдо бўлган магнит майдонларининг узаро таъсири натижасида ҳаракатланувчи ғалтак келаётган токка пропорционал равишда бурилади.

Бу ғалтакка бириктирилган γ стрелка ҳам шкала бўйича

катланиб, маълум бир бўлимда тухтайди.

Электродинамик система асбоблари узгармас ва узгарувчан ток кучини, кучланишини ва қувватини улчашга мулжаллаб ясалади.

Электродинамик система асбоблари жуда сезгир булиб, аниқлиги даражаси 0,2% дан юқори бўлади.

Бу система амперметрлари ишлаш вақтида 5 *вт*, вольтметрлари эса 7—15 *вт* энергия сарф қилади.

Улчаш аниқлиги юқори булгани учун бу асбоблар лабораторияларда куп қўлланилади.

Электродинамик система асбоблари узлари мулжалланганда ортиқ ток тушишига чидамайди. Бу асбобларнинг курсатишига таъсири магнит майдонлари таъсир қилади. Бундай ташқи таъсирлардан асбоб экранлар ёки улчов механизмига қилинган махсус мосламалар билан муҳофаза қилинади.

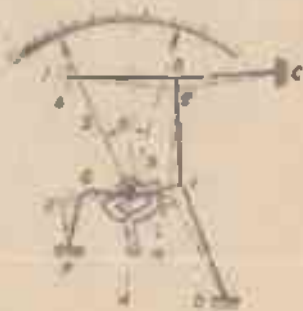
4. ТОКНИНГ ИССИҚЛИК ЧИҚАРИШИГА АСОСЛАНИБ ЯСАЛГАН ЭЛЕКТР УЛЧОВ АСБОБЛАРИ

Токнинг иссиқлик чиқаришига асосланиб ясалган электр улчов асбоблари узгармас ва узгарувчан ток кучларини улчашда ишлати-

бу хилдаги асбоблар кўпинча юқори частотали ток кучини ўлчишга қўлланилади.

Асбобнинг A ва C нуқталари орасига сим тортилган (65-расм) ва шу симнинг B нуқтасига бошқа симнинг бир учи, иккинчи учи D нуқтага тортиб маҳкамлаб қўйилган. BD симнинг E нуқта-сига шакл ип боғлаб, уни R ролик орқали FG пружинанинг буш-чига бириктириб қўйилган. R ролик тортилган булиб, унга S стрелка тортилган. AC сим орқали ток ўт-казилган. AC сим орқали ток ўт-казилган иссиқлик миқдори ҳисо-бланадими қизийди ва чузилади.

FG пружина қизиган AC ва BD сим-ларнинг чузилиши натижасида уларни тортиб 65-расмда пунктир билан курсат-ган ҳолатга келтиради. Натижада S стрелка даражаланган шкала бўйича маъ-лум бир α бурчакка бурилади. Стрелка-нинг шкаладаги курсатган рақамга қа-раб ток кучининг катталигини билиш



65- расм.

бу система улчов асбоблари, яъни амперметр ва миллиамперметрларнинг аниқлик даражалари 2—4% бўлиб, ишлаганда 3—5 вт энергия сарф қилади.

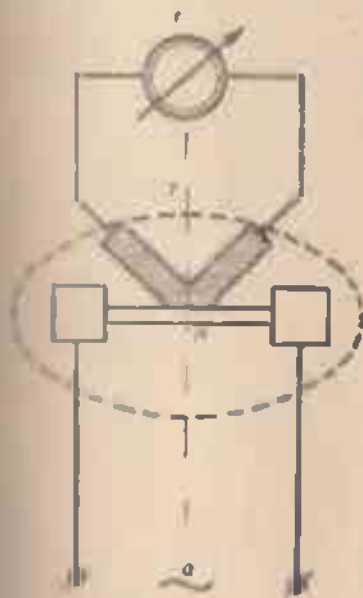
5. ТЕРМОЭЛЕКТР ҲОДИСАСИГА АСОСЛАНИБ ЯСАЛГАН ЭЛЕКТР УЛЧОВ АСБОБЛАРИ

Термоэлектр ҳодисасига асосла-ниб ясалган электр улчов асбобла-ри узгарувчан кичик ток кучлари-ни улчашда ишлатилади.

Бундай асбоблар частотаси 0,3 дан 75 мГц гача булган узгарув-чан ток кучини улчай олади, шу-нинг учун бу асбоблардан асосан радиотехникада фойдаланилади.

Магнитоэлектр ҳодисасига асос-ланиб ясалган электр улчов асбоб-ларига термолара қушилса, термо-электр ҳодисасига асосланиб ясал-ган электр улчов асбоблари ташкил топади.

Термоэлектр ҳодисасига асосла-ниб ясалган электр улчов асбо-бининг тузилиш схемаси 66-расмда тасвирланган. Магнитоэлектр сис-темасига асосланиб ясалган галь-



66- расм.

ванометрга темир — константандан ташкил топган термопара уланган.

Ўлчаниладиган ток термопаранинг пайванди орқали утиб, термоэлектр юритувчи куч ҳосил қилади. Термоэлектр юритувчи кучнинг катталиги термопара ясалган симларнинг материалига ва пайванднинг температурасига боғлиқ.

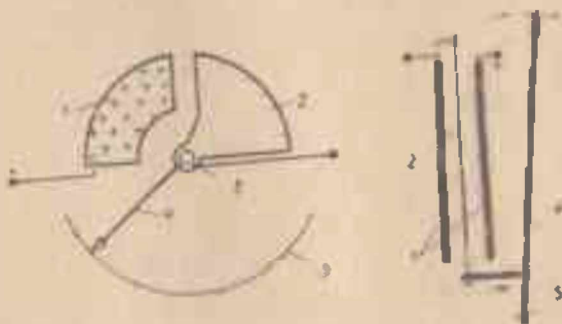
Схемадаги махсус Π сим ёки металл лента шиша баллонга жойлаштирилган. Π симнинг ёки махсус лентанинг ўртаси термопаранинг пайвандланган жойига тегиб туради, термопара эса Γ гальванометрга уланган.

Π дан ўтаётган ток термопаранинг пайвандини қиздириб, термоэлектр ток ҳосил қилади. Бу токнинг катталигини гальванометр кўрсатади. Гальванометр курсатган токнинг кучи ҳосил бўлган термоэлектр юритувчи кучга тўғри пропорционал, демак, бу боғланишларга асосан асбобни даражалаш мумкин бўлади.

Термоэлектр система электр ўлчов асбоблари (лаборатория ишига мосланган) ток кучини 0,5% гача аниқликда ўлчайди. Бу асбобларга ташқи температура ва ўзгарувчан магнит майдони таъсир қила олмайди ва уларнинг ишлаши учун жуда оз энергия сарф бўлади.

6. ЭЛЕКТРОСТАТИК СИСТЕМАДАГИ ЭЛЕКТР ЎЛЧОВ АСБОБЛАРИ

Электростатик система асбобларида қўзғалувчи системага таъсир этувчи оғдирувчи момент турли ишорали зарядланган икки ўтказгичнинг ўзаро таъсири натижасида пайдо бўлади. Шунинг учун бу асбоблар фақат кучланишларни ўлчай олади. Электростатик вольтметрлар ўзгармас ва ўзгарувчан кучланишларни ўлчайди, шкаласи нотекис бўлади (булимлари шкаланинг бош қисмида зичроқ бўлиб, охирига бориб текислашади). Кучланиш ортиб кетишларига яхши бардош беради, ташқи электростатик майдонларни тез сезади ва шунинг учун электростатик жиҳатдан экранилашга (тушишга) муҳтождир.



67-рисм.

Электростатик улчов асбобларининг ишлаши конденсаторнинг тузилиш принципига асослангандир. Конденсаторнинг биринчи пластинкаси ҳаракатланувчан, иккинчиси эса қўзғалмас килиб ясалди (67 расм).

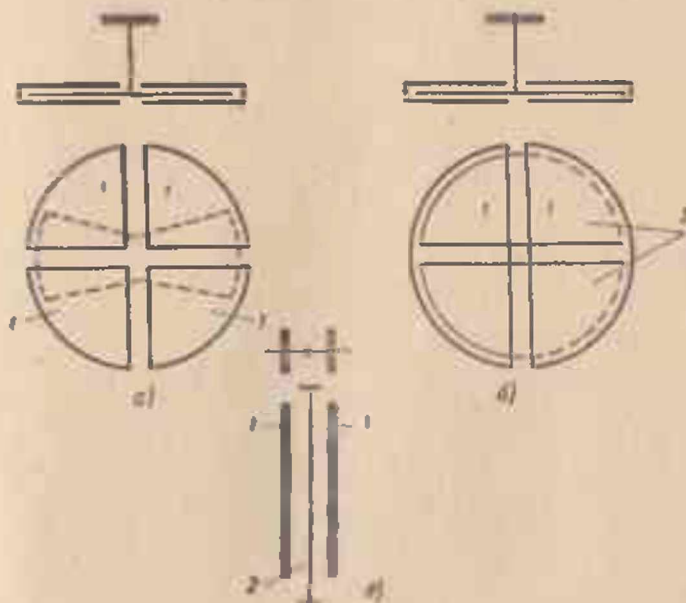
67 расмда конденсаторнинг тузилиши курсатилган: 1) қўзғалмас пластинка; 2) ҳаракатланувчан пластинка; 3) асбобнинг даражаланган шкаласи; 4) стрелкаси; 5) стрелка маҳкамланган уқ.

Конденсаторга бирор электр заряди берилса, 1 пластинкаси буррилиб ҳаракатланади ва 2 пластинкага маҳкамланган стрелка 3 шкала буйлаб ҳаракатланиб, кучланиш катталигини курсатади.

Конденсаторнинг ҳаракатлана оладиган пластинкасининг буррилиши асосий сабаб конденсатор сифимининг ўзгаришидир. Сифимининг ўзгариши, биринчидан, ҳаракатланувчан ва қўзғалмас пластинкалар юзларининг ўзгаришига, иккинчидан, улар орасидаги масофаниннг ўзгаришига боғлиқдир.

7. ЭЛЕКТРОМЕТРЛАР

Электромтрлар кучланишларни ёки кучланишларга боғлиқ бўлган потенциалларни ўлчашда ишлатилади. Электромтрларнинг асосий хислатлари турли потенциал қийматларга эга бўлган учта электроддан иборат. Электромтрларнинг хиллари жуда кўп бўлиб, улардан энг кўп тарқалгани квадрант электромтрдир, чунки у жуда қулай ва аниқ ўлчайди.



68- расм.

Асбобнинг асосий кисми тўртта квадрант (ҳаракатланмайдиган электрод вазифасини бажаради) ва бисквит (ҳаракатланувчи электрод) дан иборат (68- расм). Қарама-карши квадрантлар, одатда, узаро электр утказадиган қилиб боғланган.

Агар ҳаракатланмайдиган ва ҳаракатланувчи электродларга ҳар хил қийматли потенциаллар берилса, улар уртасида бир-бирини итариш кучлари пайдо бўлади. Ҳаракатлана оладиган электродлар бу системани электростатик мувозанатдан чиқариб маълум бир бурчакка оғдиради. Электрометрнинг тузилиш принципи шу хусусиятдан фойдаланишга асосланади.

Биз юқорида электр ўлчов асбобларининг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиб чиқдик. Энди биз қуйидаги жадвал орқали шу асбобларнинг ўлчаш аниқлигини куриб чиқамиз.

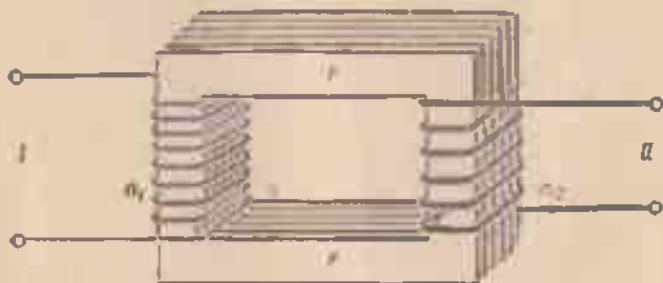
Жадвалда берилган рақамлар асбобларнинг ўлчаш хатоси катта эканлигини кўрсатади.

Синф	Аниқлик синфи	Қилинадиган хатолик, % ҳисобида
1	0,05	$\pm 0,05$
2	0,1	$\pm 0,1$
3	0,2	$\pm 0,2$
4	0,5	$\pm 0,5$
5	1,0	$\pm 1,0$
6	1,5	$\pm 1,5$
7	2,5	$\pm 2,5$
8	4,0	± 4

Демак, электр ўлчов асбоблари 8 синфга бўлиниб, энг аниқ ўлчайдиган асбоблар $\pm 0,05\%$ хатоликка йўл қўяр экан.

8. ТРАНСФОРМАТОРЛАР

Ўзгарувчан электр токининг кучланишини ва кучини ўзгартириб берадиган асбоб трансформатор дейилади. Трансформаторнинг ишлаш принципи электромагнит индукцияси ходисасига асосланган



69- расм.

булиб, уни 1882 йили Москва университетининг асистенти И. Ф. Усагин ихтиро қилган. Трансформаторнинг тузилиши 69-расмда кўрсатилган булиб, у икки хил вазифани бажаради:

- 1) ток кучини ўзгартириш,
- 2) кучланишни ўзгартириш.

Ток кучини ўзгартирувчи трансформаторнинг схемаси 70-расмда тасвирланган.

Трансформаторнинг бирламчи чулғамга ўралган симлар йўғон ва сони оз бўлса, иккиламчи чулғамга ўралган симларнинг урамлар сони кўп булиб, уларнинг учларига амперметр уланади.

Бирламчи чулғамга берилган токнинг кучига қараб иккиламчи чулғамдаги токнинг кучи ўзгаради.

Демак, бирламчи чулғамдаги ток кучининг ўзгаришига қараб, иккиламчи чулғамга уланган амперметрни даражалаш мумкин.

Трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги урамлар сони бирламчи чулғамдагига қараганда нақадар кўп бўлса, иккиламчи чулғамда пайдо бўладиган токнинг кучи шу қадар оз бўлади.

Трансформаторнинг бирламчи чулғам учларидаги кучланишнинг иккиламчи чулғам учларидаги кучланишга нисбати бирламчи ғалтак урамлари сонининг иккиламчи ғалтак урамлари сонига нисбатидек бўлади:

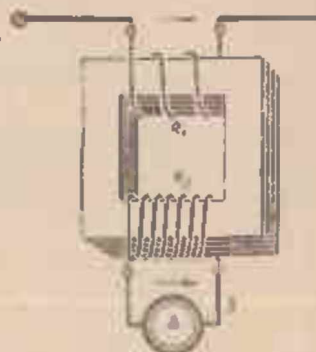
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

бу ерда n_1 —бирламчи ғалтак урамлари сони, n_2 —иккиламчи ғалтак урамлари сони. Ўзгармас k миқдор трансформаторнинг трансформациялаш коэффициенти дейилади.

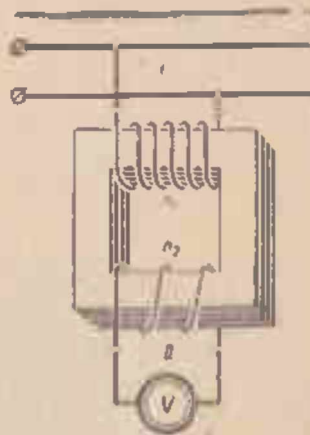
Ток кучланишни ўзгартирадиган трансформаторнинг схемаси 71-расмда тасвирланган.

Кучланишни ўзгартирадиган трансформаторлар асосан кучланишни камайтиради. Бундай трансформаторларнинг бирламчи чулғамидаги урамлар сони кўп булиб, унга инчикча сим ўралади, иккиламчи чулғамдаги урамлар сони кам булиб, унга йўғон сим ўралади.

Кучланишни ўзгартирувчи трансформаторларнинг иккиламчи чулғами учларини қисқа улаш ярамайди, чунки унда трансформатор куйиб қолади.

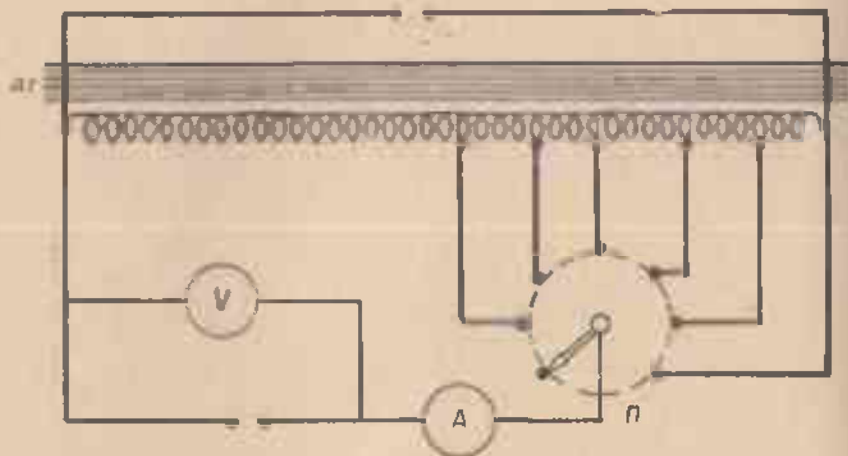


70- расм.



71- расм.

Хозирги вақтда трансформаторлар электротехникада катта ва муҳим вазифаларни бажармоқда. Электр энергиясини узоқ масофаларга узатишда электр кучланиши катталаштириб, ток кучи камайтириб узатилади. Истеъмолчиларга келаётган ток пасайтирувчи трансформаторлар воситасида паст кучланишли токка айлантириб берилади.



72- расм.

Трансформаторларнинг ишлашида жуда оз энергия сарф булиб, уларнинг фойдали иш коэффициенти 99% гача боради.

Баъзи трансформаторларнинг иккиламчи чулғамларининг бир қисми бирламчи чулғамлар вазифасини бажариши, аксинча бирламчи чулғамларининг бир қисми эса иккиламчи чулғамлар вазифасини бажариши мумкин. Бундай трансформаторлар *автотрансформаторлар* дейилади (72- расм).

9. КОНДЕНСАТОРЛАР

Конденсатор деб, бир хил шаклга эга булган ва бир-биридан маълум масофада жойлаштирилган, қарама-қарши ишорали тенг миқдордаги заряд билан зарядланган иккита утказгич системасига айтилади. Бир-биридан диэлектрик қатлами билан ажратилган иккита параллел металл пластинка ясси конденсатор ҳосил қилади. Конденсаторнинг пластинкалари купинча конденсаторнинг қопламалари дейилади.

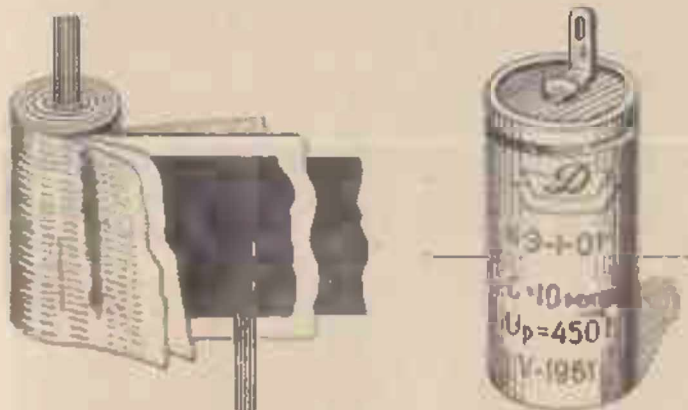
Конденсатор зарядининг пластинкаларининг потенциаллари айирмасига нисбати билан ўлчанадиган катталики *конденсаторнинг сифати* дейилади.

Конденсаторнинг сигими C билан белгиланиб,

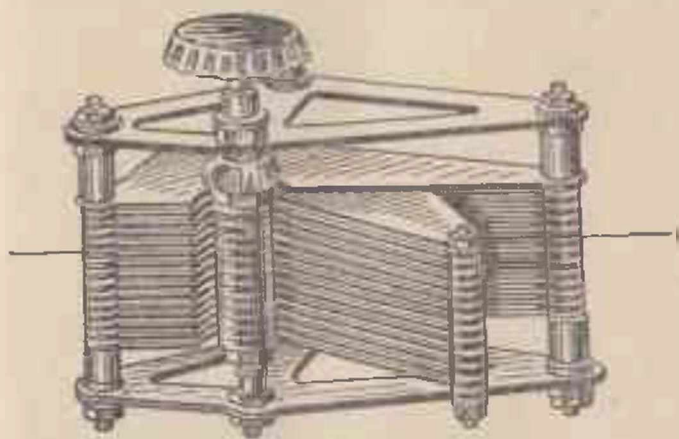
$$C = \frac{\epsilon}{1, \dots, k_2}$$

га тенг. Конденсаторлар қандай ишга мулжалланганлигига қараб, узгармас ва узгарувчан сифимли конденсаторга булинади.

Қопламаларининг ораси суёқ диэлектриклар билан тулдирилган конденсаторлар электролитик конденсаторлар дейилади (73-а расм). Бундай конденсаторлар узгармас кучланишли қурилмаларда ишлатилиши мумкин.



73-а расм.



73-б расм.

Радиотехникада кўп ишлатиладиган ўзгарувчан сифимли конденсаторлар кўпинча ҳаво конденсатори бўлади. Бундай конденсаторлар (73-б расм) бир-биридан изоляция қилинган металл пластинкаларнинг иккита системасидан иборат бўлиб, бир система пластинкалари қўзғалмайди, иккинчи система пластинкалари эса ўқ атрофида бу-рала олади. Қўзғалувчан системани бураб, конденсаторнинг сифимини бир текис ўзгартириш мумкин.

10. ЎЗИНДУКЦИЯ ҒАЛТАКЛАРИ

Ўзгарувчан магнит оқими таъсирида ғалтакда қўшимча электр юритувчи куч ҳосил бўлиш ҳодисаси *ўзиндукция* дейилади.



74-расм.

Ўзиндукция ҳодисаси ўзиндукция коэффициенти ёки контурнинг индуктивлиги билан характерланади, яъни

$$\Phi = L \cdot I,$$

бу ерда Φ — магнит оқими,

L — ғалтакнинг индуктивлиги ёки ўзиндукция коэффициенти,

I — ғалтакаги ток кучи.

Индуктивлик бирлиги қилиб 1 генри (гн) олинади. Ғалтак индуктивлигининг катталиги ғалтакнинг ўлчамига, шаклига ва ўрамларининг сонига боғлиқ. Ўзиндукция ғалтагидаги ўрамларнинг сони қанча кўп бўлса, ғалтакнинг индуктивлиги шунча кўп бўлади. 74-расмда темир ўзакли (а) ва ўзаксиз (б) ўзиндукция ғалтагининг тузилиши тасвирланган.



75-расм.

11. ШУНТ

Амперметр ўлчай оладиган энг катта ток кучидан катта бўлган ток кучини шу амперметр ёрдами билан ўлчаш мумкин. Бунинг учун амперметрга параллел қилиб қаршилик ўлаш керак. Бу ўланган r қаршилик шунт дейилади (75-расм).

Занжирдаги I ток кучи билан амперметрдан утувчи I_A ток кучи қуйидагича боғланган:

$$I = I_A \frac{r + r_A}{r}$$

r_A — амперметрнинг қаршилиги, r — шунтнинг қаршилиги.

Масалан, амперметр 10 а ток улчайди. Агар шу амперметр билан 100 а ток кучини улчаш керак бўлса, унга уланган шунтнинг қаршилиги $\frac{1}{9} r_A$ булиши керак.

12. ТУҒРИЛАГИЧЛАР

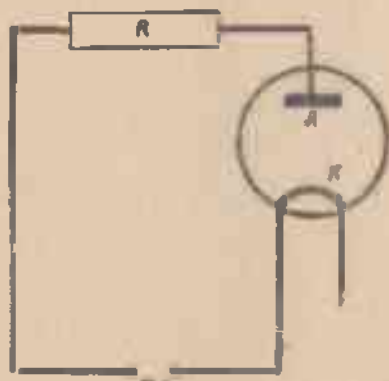
Ҳозирги замон техникасида узгарувчан ток ҳосил қилиш ва уни олисга узатиш жуда қулай, шунинг учун ҳам узгарувчан ток қўп ишлатилади. Лекин бир қатор соҳалар борки, буларда узгармас



76-а расм.

токдан фойдаланмаса бўлмайди, масалан, шаҳардаги электр транспорти, электролиз саноати ва ҳоказо. Булар учун узгарувчан токни узгармас токка айлантириб бериш керак, бу ишни туғрилагичлар деб аталадиган асбоблар бажаради. Туғрилагичларнинг ярим утказгичли (76-а расм), симобли ва электрон лампали (76-б расм) хиллари бўлади.

Ярим утказгичли туғрилагич иккита ярим утказгич ёки ярим утказгич ва металл контактлашганда (бир-бирига тегиб турганда) токни бир томонга яхши утказиб, қарама-қарши томонга утказмаслик (ёмон утказишлик) хусусиятига асосланиб ясалгандир. Бундай хусусиятга селен, германий, мис (I) оксиди ва бошқа металллар эга.



76-б расм.

36-мис. Электростатик майдонни текшириш

Керахли асбоб ва материаллар: 1) гальванометр, симлар, металл зондлар, 2) ҳар хил шакли металл электродлар, 3) кумли яшиқ, 4) диэлектрик ясалган цилиндр ва 5) 10 а га яқин кучлишлик ток манбаи (аккумулятор). 6) реостат (потенциометр).

Иш туғрисида тушунича

Маълумки, электростатик майдонни характерлаш учун фазонинг ҳар бир нуқтасидаги майдон кучланганлик вектори E ва электростатик майдон потенциалнинг қийматиний билиш керак. Майдоннинг ҳар бир нуқтасидаги кучланганлик векторининг йўналишини ва майдонда потенциаллар тақсимланишини майдон куч чизиқлари тушунчасидан ва эквипотенциал сиртлар деб аталувчи бирдай потенциалли сиртлар тушунчасидан фойдаланиб курсатиш мумкин. Чунки майдон кучланганлик вектори билан майдон куч чизиқлари ҳар доим эквипотенциал сиртга тик булади.

Диэлектрик доимийси ϵ_1 ва ϵ_2 булган икки муҳитнинг ажралиш чегарасида E вектор ташкил этувчиларининг қийматлари қуйидаги тенгламани қаноатлантиради:

$$E_1 = E_2$$

$$\epsilon_1 E_{1n} = \epsilon_2 E_{2n}$$

Бу ерда E_1 ва E_2 лар E векторнинг биринчи ва иккинчи муҳитдаги тангенциал ва нормал ташкил этувчилари.

Демак, куч чизиқлари билан икки муҳитнинг ажралиш сиртига ўтказилган нормал орасидаги бурчаклар қуйидаги шартни қаноатлантириши керак:

$$\alpha_1 + \beta_1 = \alpha_2 + \beta_2$$

Бу ҳолда куч чизиқларининг синиши ҳақида гап боради.

Муҳитнинг ажралиш чегарасида эквипотенциал сиртларга уринма булган чизиқларнинг йўналиши ҳам узгаради:

$$\epsilon_1 \operatorname{ctg} \beta_1 = \epsilon_2 \operatorname{ctg} \beta_2$$

Куч чизиқлари билан эквипотенциал сиртларининг перпендикулярлигидан фойдаланиб, қуйидагини ёзиш мумкин:

$$\alpha_1 + \beta_1 = \alpha_2 + \beta_2 = \frac{\pi}{2}$$

Эквипотенциал сиртларнинг ҳолатини билиб, куч чизиқларини чизиш мумкин.

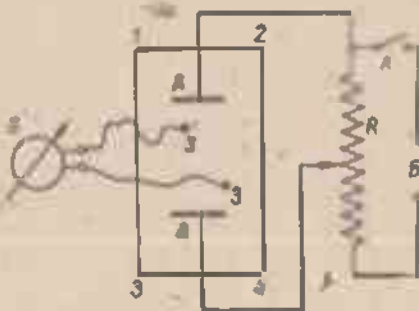
Электростатик майдонни зондлар билан урганиш кийин булганлиги учун қузғалмас зарядларнинг электростатик майдонини текширишда уни электр токнинг майдонини урганиш билан алмаштирилган. Бу ҳолда майдон стационар деб ҳисобланади.

Ишнинг бажарилиши

Ишни бажаришда асбоблар қуйидаги схема бўйича уланади (77-расм). G — ноль гальванометр; AA — электродлар; 33 — металл зондлар; R — кучланиш тақсимлагич (потенциометр); $1, 2, 3, 4$ — ишнинг контури; B — ток манбаи.

Электростатик майдонни урганиш учун ёғоч яшикка ҳул қум солиниб, қумга металл электродлар урнатилади ва узгармас ток манбаи ёрдамида улар орасида потенциаллар фарқи узгармас қилиб турилади. Қумдан узгармас ток утиб туради. Майдонда потенциалнинг тақсимланишини урганиш учун поль гальванометрга уланган иккита уткир металл пластинка — зондлар олинади; улардан бири қум сиртининг бирор нуқта-сига вертикал урнатилади, иккинчиси ёрдамида уша қумда гальванометр стрелкасини оғдирмайдиган нуқталар топилади. Бу нуқталарга эквипотенциал нуқталар дейилади.

Бу нуқталарни узлуксиз чизиқ билан бирлаштириб қум сиртида эквипотенциал чизиқ ҳосил қилинади. Эквипотенциал чизиқлар ва куч чизиқларининг ортогоналлик хусусиятидан фойдаланиб, куч чизиклари чизиш ва шу билан



77- расм.

электростатик майдонни тула урганиш мумкин.

Тажриба қуйидаги тартибда бажарилиб, дафтарга кучирилади:

- 1) иккита ясси пластинка орасидаги майдон чизилади;
- 2) бу пластинкалар орасига металл цилиндрлар қуйилгандаги майдон чизилади;
- 3) икки металл шар орасидаги майдон чизилади;
- 4) шу олинган эквипотенциал чизиқларга ортогонал булган куч чизиклари чизилади.

37- иш. Амперметрни даражалаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) амперметр, 2) ток манбаи, 3) вольтметр, 4) реостат, 5) эталон амперметр, 6) қаршиликлар магазини, 7) калит, 8) сымлар.

Иш туғрисида тушунча

Ҳар қандай асбоб билан бирор физик миқдорни улчаш керак бўлса, аввало бу асбобнинг туғри ёки нотуғри ишлашини текшириб куриш зарур. Асбоб устидаги шкалада муайян бирликлар ёзилган бўлади.

Асбоб шкаласи бўлимлари билан шу шкала бўйича топиладиган катталиқнинг қийматлари орасидаги муносабатни топиш асбобни даражалаш дейилади.

Агар текшириладиган амперметр ёпиқ занжирга кетма-кет уланган бўлса, унинг курсатиши занжирдаги ток кучидан оз бўлади, чунки амперметрнинг ички қаршилиги занжир қаршилигига қуши-

лади. Шу сабабдан олдин амперметрнинг ички қаршилигини топиш керак.

Амперметрнинг ички қаршилигини топиш учун асбобларни қуйидаги схема (78-расм) буйича узаро улаш керак.

А қалитни бирлаштирсак, A_1 эталон амперметрнинг стрелкаси ўз шкаласи буйича маълум бир булимни курсатади. Схеманинг бошқа томонларига тегмасдан A_2 амперметрни узиб, ўрнига R қаршилиқлар магазинини уланмиз. Бунда қаршилиқлар магазини A_1 эталон амперметрнинг олдинги курсатиши узгармайдиган қилиб танланади.

Шу тартибда тажрибани бир неча марта такрорлаш керак. Кейинки ҳар галдаги тажрибада R нинг қиймати ҳар хил бўлиши

мумкин, шунинг учун топилган $R_1, R_2, \dots, R_n$ ларнинг уртача арифметик қиймати олинади. R ларнинг уртача R_0 қиймати текширилатган A_2 амперметрнинг ички қаршилигига тенг бўлади, яъни:

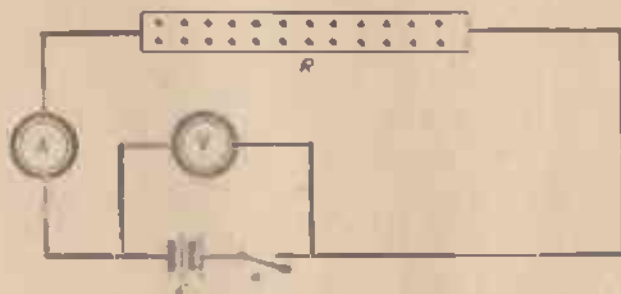
$$R_0 = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

бу ерда n — тажрибанинг такрорланиш сони, R_0 — A_2 амперметрнинг ички қаршилиги.

Ишнинг бажарилиши

Ишнинг асосий қисмининг бажариш учун тегишли асбобларни қуйидаги схема (79-расм) буйича улаш керак.

Асбоблар 79-расмда тасвирланган схема асосида симлар билан улангандан кейин, занжир K қалит ёрдамида уланади. Бу R ни



79-расм

шундай танлаб олиш керакки, A_2 амперметр занжирдан жуда оз ток ўтаётганини курсатсин. Бу тажриба қаршилиқлар магазини ёрдамида турли қийматли қаршилиқлар билан бир неча марта так-

Агар A ва B нуқталардаги потенциаллар айирмасини $V_A - V_B$ билан, a ва b нуқталардаги потенциаллар айирмасини $V_a - V_b$ билан белгиласак, вольтметрдан утган ток кучини ҳисобга олмаган ҳолда Ом қонунига асосан қуйидагини ёзиш мумкин:

$$I = \frac{V_A - V_B}{R} = \frac{V_a - V_b}{R} \quad (1)$$

Бунда:

$$R = r_1 + r_2 + r_3$$

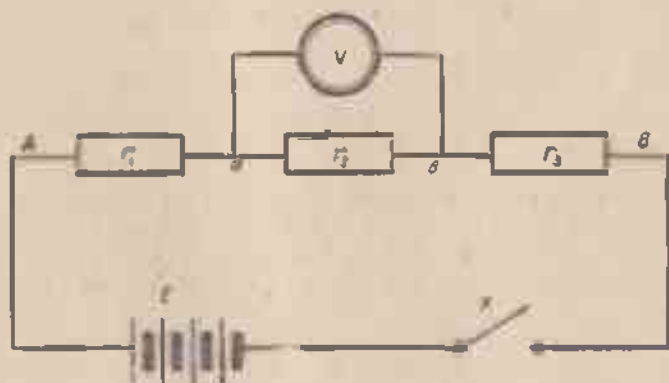
Агар $V_A - V_B = E$ ва $V_a - V_b = e$ деб белгиласак:

$$e = \frac{r_1}{R} E \quad (2)$$

Тажриба бошлаган вақтда R нинг қиймати 100 ом ва r_1 нинг қиймати 1 ом га яқин булсин.

Ишнинг бажарилиши

Асбоблар 80-расмда тасвирланган схема буйича улангандан кейин вольтметрнинг нолинчи курсатиши ёзиб олинади. Сунгра K калит туташтирилади. Тақсимлагич магазинидаги штепселларнинг ўринларини алмаштириб, ab қисмининг қаршилиги вольтметрнинг курсатиши ҳар сафар шкаланинг 10—12 булимига ошадиган қилиб ўзгартирилади ва вольтметрнинг курсатишлари ёзиб олинади.



80- расм.

Ўлчаб булингандан сунг вольтметрнинг ҳар бир курсатишига туғри келувчи e кучланишнинг қийматини формула ёрдамида ҳисоблаб, $e_1, e_2, \dots, e_n$ ларни эса вольтметрнинг курсатишидан ёзиб олиш керак. Тажриба натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади.

Тажриба номери	R	r_1	r_2	r_3	r_4	$\epsilon - r = M$

Жадвалдаги e ва e' ларни x ва y координата ўқларига қуйиб график тузиш керак. Бу график ёрдамида вольтметр шкаласидаги ҳамма булимларнинг қийматларини билиш мумкин.

39-иш. Ўзгармас ток куприги ёрдамида ўтказгичларнинг қаршилигини ўлчаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) реохорд, 2) гальванометр, 3) қаршиликлар магазини, 4) қаршиликлари аниқланган керак бўлган ўтказгичлар, 5) ток манбаи, 6) калит.

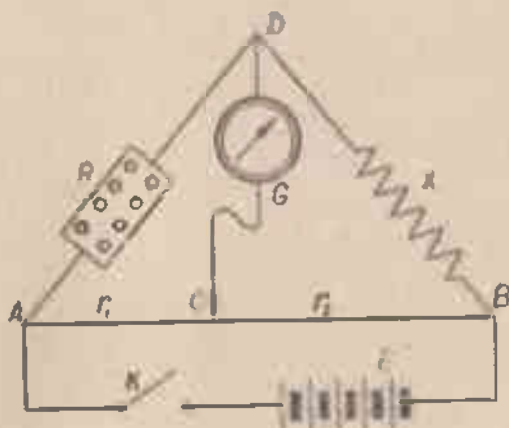
Иш тўғрисида тушунча

Реохорд миллиметрларга бўлинган, узунлиги бир метр чамасидаги ёғочдан ясалган чизгич бўлиб, унинг ўртасидан никелин сим тортилган (81-расм).

Симнинг AD томонига қаршиликлар магазини R , BD томонига эса қаршилиги номаълум бўлган x ўтказгич уланган.

R ва x қаршиликлар ҳам узаро кетма-кет уланган. R ва x нинг биригига уланган D нуқтасига симнинг бир учини бириктириб, иккинчи учиги эса гальванометр уланган. Гальванометрнинг иккинчи учи эса реохорд бўлаб сирғана оладиган контактли C сурилгичга уланган.

E ток манбаининг икки қутби калит орқали куприкнинг A ва B нуқталарига бирлаштирилган.



81-расм.

Ишнинг бажарилиши

Қаршилиги номаълум бўлган x ўтказгичнинг қаршилигини топиш учун K калитни улаб манбадан электр токи юборилади. Ток занжирининг AD , DB , DC ва CA қисмларидан ўтади. Бу қисмлардаги

утказгичларнинг қаршилиги ҳар хил бўлгани учун улардан ўтаётган ток кучлари ҳам ҳар хил бўлади. DC қисмдан ток ўтгани учун гальванометрнинг стрелкаси O дан оғиб четланади.

Гальванометрнинг стрелкасини O га келтириш учун AB қисм устида ҳаракатланадиган C сурилгични унг ёки чап томонга силжитиш ёки R нинг қийматини ўзгартириш керак.

Гальванометр стрелкаси O ни курсатганда C ва D нуқталардаги потенциалларнинг қийматлари бир хил бўлади: $V_C = V_D$.

Бу ҳолда гальванометрдан ток ўтмайди, шунинг учун стрелка O да туриб қолади.

Занжирининг C ва D нуқталари орасида ток бўлмаганлиги учун AD ва DB қисмлардан ўтаётган токнинг кучи ўзаро тенг бўлади. Шунингдек, AC ва CB қисмлардан ўтаётган токнинг кучи ҳам ўзаро тенг бўлади.

Агар AD ва DB қисмлардаги токнинг кучи I_1 , AC ва CB қисмлардаги токнинг кучи I_2 бўлса, Ом қонунига асосан, A ва D нуқталар орасидаги потенциаллар айирмаси

$$V_A - V_D = I_1 R$$

бўлади, бундан I_1 ток кучини топамиз:

$$I_1 = \frac{V_A - V_D}{R} \quad (1)$$

AC қисмидаги ток:

$$I_2 = \frac{V_A - V_C}{r_1} \quad (2)$$

DB қисмидаги ток:

$$I_1 = \frac{V_D - V_B}{x} \quad (3)$$

CB қисмидаги ток:

$$I_2 = \frac{V_C - V_B}{r_2} \quad (4)$$

(1) билан (3) нинг ва (2) билан (4) нинг чап томонлари ўзаро тенг бўлгани учун, унг томонларини ҳам ўзаро тенг деб ёзиш мумкин:

$$\frac{V_A - V_D}{R} = \frac{V_D - V_B}{x} \quad (5)$$

$$\frac{V_A - V_C}{r_1} = \frac{V_C - V_B}{r_2} \quad (6)$$

(5) ни (6) га бўлсак:

$$\frac{V_A - V_D}{R} \cdot \frac{r_1}{r_1} = \frac{V_A - V_C}{r_1} \cdot \frac{r_1}{r_1} = \frac{V_D - V_B}{x} \cdot \frac{r_2}{r_2} = \frac{V_C - V_B}{r_2}$$

$V_C = V_D$ эканлигини назарда тутиб қисқартсак:

$$\frac{r_2}{R} = \frac{r_2}{x} \text{ ёки } x = \frac{r_2}{r_1} R \quad (7)$$

Қаршиликлар r_1 ва r_2 булган симлар бир хил утказгичдан олтииб, кундаланг кесим юзи узгармас булса, қаршиликлар нисбати унингга симларнинг узунликлари нисбатини олиш мумкин. Чунки утказгичнинг кундаланг кесим юзи узгармас булганда қаршилик утказгичнинг узунлигига туғри пропорционал булади:

$$r_1 = \rho \frac{l_1}{S}, \quad (8)$$

$$r_2 = \rho \frac{l_2}{S}. \quad (9)$$

бу ерда ρ — AB симнинг солиштирма қаршилиги, S — AB симнинг кундаланг кесим юзи, l_1 — AC симнинг узунлиги, l_2 — CB симнинг узунлиги. (9) ни (8) га буламиз:

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{l_2}{l_1}. \quad (10)$$

нинг бу қийматини (7) га қўямиз.

$$r = \frac{r_2}{l_2} l. \quad (11)$$

Номаялум x қаршилик (11) формула ёрдамида хисоблаб чиқарилади.

40- иш. Металлар қаршилигининг температура коэффициентини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) текширилувчи металллардан ясалган сим қаршиликлар, 2) иссиқлик манбаи (электр плиткаси), 3) термометр, 4) ара-лаштиргич, 5) реохорд, 6) қаршиликлар магазини, 7) калит, 8) ток манбаи (аккумулятор ёки элементлар батареяси), 9) сезгир гальванометр.

Иш туғрисида тушунча

Утказгичларнинг қаршилиги температурага боғлиқ булади. Масалан, металлар қаршилигининг температурага боғлиқлигини энг содда қилиб қуйндагича ифодалаш мумкин:

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

бунда R_t ва R_0 — қаршиликлар; α — тажрибада топиладиган ва ҳар бир металлнинг узига хос булган константаси; t — температура. Агар утказгичнинг температураси Δt қадар оширилса, унинг қаршилиги

$$R_{t+\Delta t} = R_0[1 + \alpha(t + \Delta t)] \quad (2)$$

булади.

(1) формуладаги R_0 нинг қийматини (2) формулага қўйиб, қаршилигининг температура коэффициентини (α) ни топамиз:

$$\alpha = \frac{R_{t+\Delta t} - R_t}{R_t \Delta t} \quad (3)$$

Қаршилиги номаълум булган ўтказгич сымдан спираль шаклида уралган бўлиб, узунлиги 10 м, диаметри эса 0,5 мм дир.

Бу спираль ўтказгич U -симон шиша найча ичига жойлаштирилиб, сунг термостатга ботирилади (82-расм).

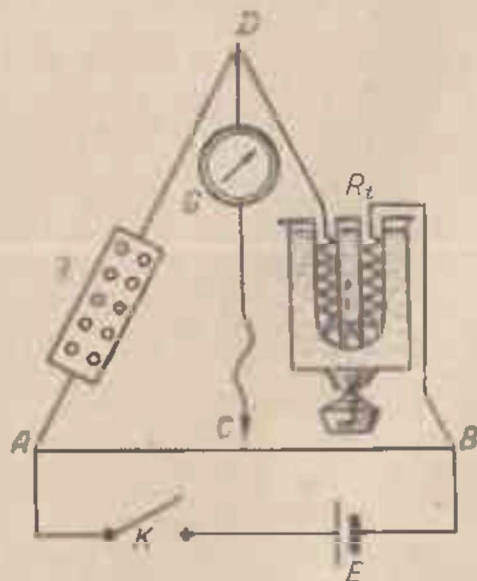
Аввал уй температурасида ўзгармас ток куприги схемасидаги x урнига U симон шишага жойлаштирилган ўтказгични улаб, унинг

қаршилиги R_1 ни топамиз. Сунгра термостатнинг температураси хар гал тахминан 10°C , 20°C , 30°C оширилади ва $R_1, R_2, R_3, \dots$

R_{1+20}, R_{1+30} қаршиликнинг қиймати 39-ишдаги усул билан топилади. Шу топилган R_1, R_{1+20}, R_{1+30} ни (3) формулага қуйиб, спираль шаклидаги ўтказгич қаршилигининг температура коэффициентлари $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ нинг қийматлари топилади ва уларнинг ўртачаси қуйидагича ҳисоблаб чиқилади:

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n}{n}$$

Тажрибада n нинг уч-тўртта қийматини аниқлаш билан чегараланса бўлади.



82- расм.

41- иш. Гальванометрнинг қаршилигини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) реохорд, 2) қаршилиги ўрғаниладиган гальванометр, 3) қаршиликлар магазини, 4) реостат, 5) 2 та калит, 6) ток манбаи.

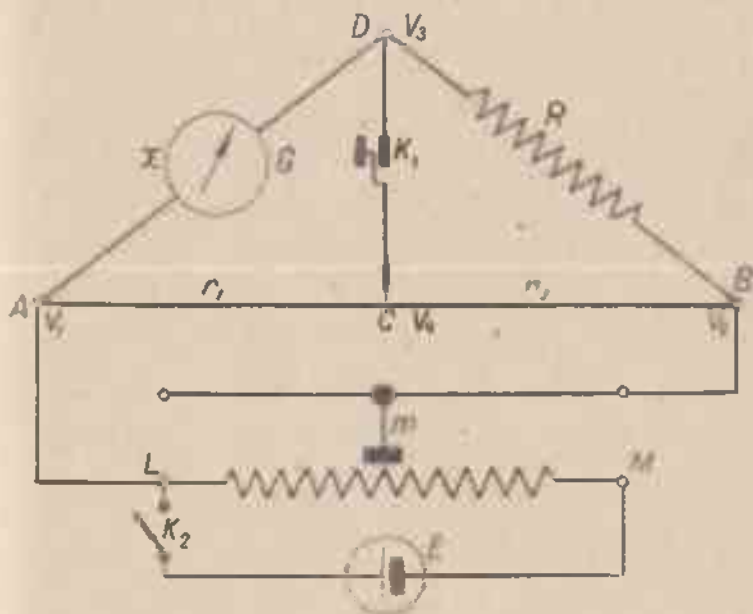
Иш туғрисида тушунча

Асбоблар бир-бирига 83-расмда курсатилгандек қилиб уланади. E дан чиққан ток MD потенциометр ва реостатнинг сурилувчи M контакти орқали утади

1 ва n нуқталар AL ва nB ўтказгичлар билан ўзгармас ток купригининг A ва B нуқталарига уланган бўлиб, DC орасига эса пружинали калит улангандир.

Гальванометрнинг аниқланиши керак булган қаршилиги x бўлиб, R_1 ва r_2 қаршиликлар эса тажриба вақтида ўзгартириш мумкин булган маълум қаршиликлардир.

m контактининг LM реостатдаги вазиятини узгартириб, уш L вазиятдан M вазиятга келтирсак, бунда биз потенциаллар фарқи ($V_1 - V_2$) ни нолдан қандайдир максимумгача узгартган буламиз; бунинг натижасида схемага келувчи ток кучининг катталиги ва, демак, гальванометрдан утувчи ток кучининг катталиги ҳам узгаради.



83- расм.

Агар D ва C нуқталардаги V_3 ва V_4 потенциаллар узаро тенг булиб қолса, у ҳолда CD диагоналдаги ток кучи нолга тенг булади ва шунинг учун K_1 калитни улаш ва узини куприк схеманинг тармоқларидаги ток кучини, шу жумладан, қаршилиги номаълум булган гальванометр тармоғидаги ток кучини ҳам узгартмайди. Бошқача айтганда, V_3 ва V_4 потенциаллар бир-бирига тенг булганда K_1 калит уланганда гальванометр курсатиши узгармайди. V_3 ва V_4 лар узаро тенг булганда гальванометр қаршилиги куйндаги формуладан топилади:

$$\frac{R}{r_1} = \frac{r_2}{L}$$

(1)

формуладаги R , r_1 ва r_2 қаршилиқлар маълум булгани учун гальванометрнинг x қаршилигини ҳисоблаб топиш мумкин.

Агар $V_3 > V_4$ булса, $\frac{R}{r_1} < \frac{r_2}{L}$ булади. K_1 калит уланганда ток I дан C га томон оқади ва x дан утувчи токнинг кучи купайиб гальванометрнинг стрелкаси каттароқ бурчакка бурилади.

Калитни улаганда гальванометрнинг стрелкаси ҳаракатланмаслиги учун R қаршилиқни камайтириш ёки $\frac{R}{r_0}$ нисбатни ўзгартириш керак.

Агар $V_3 = V_1$ бўлса, $\frac{R}{r_0} = 1$ бўлади. K_1 калит уланганда DC диагональ бўйича ток C дан D га томон оқади, гальванометр занжирдаги ток кучи озаёди ва унинг стрелкаси ҳаракатланади. K_1 калит уланганда гальванометрнинг стрелкаси урнида қўзғалмасдан туриши учун R қаршилиқни ёки $\frac{R}{r_0}$ нисбатни кўпайтириш керак.

Шундай қилиб, R , r_0 ва $\frac{R}{r_0}$ қаршилиқларнинг шундай қийматини топиш керакки, K_1 калит уланганда гальванометрнинг стрелкаси ҳаракатсиз урнида туриб қолсин.

Мана шу шарт бажарилганда гальванометрнинг номаълум x қаршилигини (1) формула ёрдами билан топиш мумкин.

Ишнинг бажарилиши

Асбоблар 83-расмдаги схема бўйича бир-бирига уланади ва R қаршилиқлар магазинининг ярми занжирга қўшилади. Кейин реостатнинг ҳаракатланувчи m контактини L нуқта яқинига, C нуқтани эса реохорднинг уртасига келтириб қўйилади.

K_1 калитни улаб m контактни гальванометрнинг стрелкаси шкаласининг тахминан уртасига келгунча суриб борилади.

Сунг K_1 калитни улаб, гальванометр стрелкасининг оғиши қайси йуналишда ўзгараётгани аниқланади. Шунга қараб қаршилиқлар магазинида R нинг қийматини ошириб ёки камайтириб гальванометр стрелкасининг силжимайдиган ҳолати топилади.

Агар R нинг қийматини қаршилиқлар магазинидаги контактларни ўзгартириш билан топиб бўлмаса, у вақтда C контактни чап ёки уннг томонга суриш билан $\frac{R}{r_0}$ нисбатни ўзгартириб мақсадга эришиш мумкин. $\frac{R}{r_0} = \frac{l_1}{l_2}$ бўлгани учун (39-ишга қаранг) (1) ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$x = \frac{l_1}{l_2} R, \quad (2)$$

бу ерда l_1 — AC симнинг узунлиги, l_2 — BC симнинг узунлиги.

42-иш. Элементнинг ички қаршилигини аниқлаш

Қеракли асбоб ва материаллар: 1) гальваник элемент, 2) реохорд, 3) қаршилиқлар магазини, 4) гальванометр, 5) қўзғалувчан контактни реостат, 6) иккита калит.

Иш тўғрисида тушунча

Юзаки қараганда элементнинг ички қаршилигини аниқлашга имкон берадиган охириги схема узгармас ток купригининг схемасига жуда ухшайди. Лекин 84-расмда тасвирланган схемада токнинг тармоқлар бўйича тақсимоти бошқачадир. Схемада X , R , r_1 , r_2 , r_3 ва r_4 қаршиликлар курсатилган бўлиб, X ва K калитлар уланганда улардан утган токнинг кучи мос равишда I , i_1 , i_2 , i_3 ва i_4 ларга тенг бўлсин. У вақтда Кирхгофнинг биринчи қонунига асосан C , A ва B нукталар учун қуйидагиларни ёза оламиз:

$$I = i + i_4,$$

$$I = i_1 + i_3,$$

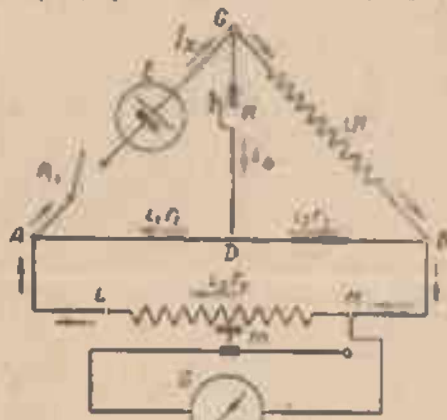
$$i_3 = i + i_2,$$

ёки

$$i = I - i_4,$$

$$i_1 = I - i_3,$$

$$i_2 = i_3 - i = i_3 - I + i_4.$$



84- расм.

III шарт бажарилганда $ACBMLA$ ва $ADBMLA$ контурлари учун Кирхгофнинг иккинчи қонунига асосан қуйидагиларни ёза оламиз:

$$E = Ix + iR + i_3r_3,$$

$$0 = i_2r_2 + i_3r_3 - i_1r_1.$$

II7 ифодалардан:

$$E = Ix + (I - i_4)R + i_3r_3 = I(x + R) + i_3r_3 - i_4R,$$

$$0 = (i_3 - I + i_4)r_2 + i_3r_3 - (I - i_3)r_1 =$$

$$= -I(r_1 + r_2) + i_3(r_1 + r_2 + r_3) + i_4r_2.$$

K калит узилганда i_4 ток кучи ва, демак, гальванометрдан бўувчи ток кучи ҳам узгармайди деб фараз қилайлик. K калитни ушайлик, бунда $i_3 = \text{const}$, $i_4 = 0$ ва $E = \text{const}$ бўлиши керак, лекин I умуман айтганда узгариб I' бўлиб қолади, бу ҳолда:

$$I(x + R) + i_3r_3 - i_4R = I'(x + R) + i_3r_3,$$

$$I(r_1 + r_2) - i_3(r_1 + r_2 + r_3) - i_4r_2 =$$

$$= I'(r_1 + r_2) - i_3(r_1 + r_2 + r_3).$$

ёки

$$(I - I')(x + R) = i_4R,$$

$$(I - I')(r_1 + r_2) = i_4r_2.$$

булади. Булардан:

$$\frac{x+R}{r_1+r_2} = \frac{R}{r_2} \cdot \frac{x}{R} = \frac{r_1}{r_2} \quad (a)$$

Агар CD диагоналдаги K калитни узиш ва улаш иккинчи диагоналдаги i ток кучига таъсир қилмаса, у ҳолда (а) муносабат зуринли булади.

Агар R катта булса, у ҳолда i ток деярли CDB йўлдан бораётган токдан ташкил тонади, чунки D нуқтанинг потенциали B нуқтанинг потенциалидан юқори булиб, CDB йўлнинг қаршилиги эса CB йўлнинг қаршилигидан кичикдир.

Шу ҳолда K калитни туташтирганда гальванометр стрелкасининг бурилиши камаяди. Аксинча $R=0$ ҳолда D ва B нуқталарининг потенциалларини тенг дейиш мумкин.

Запжирнинг CDA йўлининг қаршилиги $CBMLA$ йўлининг қаршилигидан анчагина кичик булгани учун K калит узилганда гальванометрдан утувчи i ток купаяди ва стрелка кўпроқ бурилади.

R нинг катта ёки кичик қийматларини олиб ва улар орасидаги фарқни аста-секин камайтира бориб, биз пихоят, K калитни узганда гальванометр стрелкасининг оғиш катталигини узгартирмайдиган R ни топамиз.

Агар R қаршилиқни узгартириш билан стрелкани қўзғалмас ҳолда сақлаб булмаса D контактни унги еки чап томонга суриш билан K калитни узганда ва улаганда гальванометр стрелкасининг қўзғалмаслигига эришиш керак.

Бундан сунг (а) формула ёрдами билан элементнинг ички қаршилиги топилади.

Ишининг бажарилиши

K ва K_1 калитларни узук қолдириб, асбобларни 84-расмда курсатилган схема асосида улаш керак.

Гальванометр куйиб кетмасин учун LM реостатнинг ҳаракатланувчи m контакти M нуқтага сурилиб, D контакт эса тахминан реохорднинг ўртасида туриши керак.

K ва K_1 калитларни улаб, m контактни M нуқтадан аста-секин ўзоқлаштира бориб, гальванометр стрелкасини тахминан шкаланинг ярмигача келтириш керак.

Элементнинг қаршилигидан анча катта булган R қаршилиқлар магазинини схемага улаб ва K_1 калитни уланганича қолдириб, K калитни эса узиб гальванометр стрелкаси қайси томонга ва қанча оғишини аниқлаш керак. Сунг R калитни яна улаб, m контакт M нуқтага сурилади ва гальванометр стрелкаси аввалги ҳолатига келтирилади.

K калит иккинчи марта узилади ва гальванометрнинг стрелкасини қайси томонга қанча бурилганлиги кузатилади. R қаршилиқни аста-секин купайтириб, унинг шундай бир қийматини топиш ке-

ракки, K ни узганда ва улаганда гальванометрнинг стрелкаси қи-
мирламасини.

Агар H ни узгартриш билан мақсадга эришилмаса, D контактни
жип ёки уннга суриш билан мақсадга эришиш мумкин. r_1 ва r_2
қаршиликлар куприк елкаларининг l_1 ва l_2 узунликларига пропор-
ционал, яъни $\frac{r_1}{r_2} = \frac{l_1}{l_2}$ бўлгани учун (а) тенгламани

$$\frac{x}{R} = \frac{l_1}{l_2}$$

курипишда ёза оламиз. Бундан

$$x = R \frac{l_1}{l_2}$$

Тажрибадан олинган натижалар қуйидаги жадвалга ёзилади.

Таърифи номери	l_1	l_2	R	x

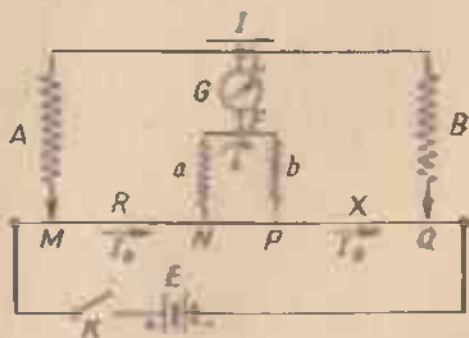
43- иш. Қуш куприк ёрдамида кичик қаршиликларни ўлчаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) қуш куприк, 2) улчанувчи
қаршиликлар туپлами, 3) аккумулятор, 4) штапгенциркуль, 5) гальванометр.

Иш туғрисида тушуинча

Ўзгармас ток куприги ёрдамида кичик қаршиликларни ўлчаш
қийин, чунки улчанадиган қаршилик миқдори қанча кичик бўлса,
ўлчаш хатоси шунча катта бўлади. Шунинг учун кичик қаршилик-
ларни ўлчашда қуш куприқдан фойдаланилади. Бу қаршиликлар
шунинча 85-расмда тасвир-
ланган схема асосида ўлча-
нади. Схемада x ҳарфи билан
ўлчанадиган кичик қарши-
лик белгиланган.

Бу схеманинг одатдаги
күприк схемасидан фарқи
шундаки, күприкнинг бир
томи G гальванометр билан
бири қушимча $NabP$ зан-
жирга улашган. Қушимча
занжирдаги a ва b қарши-
ликлар R ва x қаршилик-
лардан анча катта. A ва
 B қаршиликлар ҳам R ва x
ларга нисбатан каттадир.



85-расм

Шунинг учун бундай схемада уловчи симлар ва клеммаларнинг қаршилигини амалда йуқ деб олиш мумкин.

A , B , a , b ва R қаршиликларни узгартириш билан гальванометр занжиридаги токни нолга тенглаштириш мумкин. Бунда A ва B , a ва b , R ва x тармоқлардаги тоқлар жуфт-жуфти билан тенг бўлади; уларни I , i , I_0 билан белгилаймиз. Кирхгоф қонунига асосан:

$$\begin{aligned} RI_0 + ai &= AI, \\ xI_0 + bi &= BI. \end{aligned}$$

Булардан:

$$\frac{R}{a} = \frac{A}{B} \frac{I - \frac{x}{A}I}{I - \frac{b}{B}I} \quad (1)$$

Агар a , A , b ва B қаршиликлар

$$\frac{a}{A} = \frac{b}{B}$$

муносабат уринли буладиган қилиб танлаб олинса, (1) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{R}{x} = \frac{A}{B} \text{ ёки } x = \frac{B}{A} R. \quad (*)$$

Ишнинг бажарилиши

Берилган ўтказгичнинг қаршилиги (*) формулага асосан аниқлангандан сўнг унинг солиштирма қаршилигини топишга киришамиз.

Текширилувчи ўтказгичнинг узунлиги ўлчанади, штангенциркуль билан эса ўтказгичнинг бир неча урилларда диаметри ўлчанади ва ўртача қиймати топилади. Унинг кесим юзи

$$S = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2)$$

формуладан топилади, бу ерда d — ўтказгичнинг диаметри.

Чизгич ёрдамида ўтказгичнинг узунлиги l ни ўлчаб қуйидаги формула ёрдамида солиштирма қаршиликни топиш мумкин:

$$x = \rho \frac{l}{S}$$

ёки

$$\rho = \frac{x S}{l} = \frac{x \pi d^2}{4 l} \quad (3)$$

Солиштирма қаршиликни $\text{ом} \cdot \text{см}$ ёки $\text{ом} \cdot \text{м}$ ларда ифодалаш мумкин.

Юқорида кўрсатилган йўл билан бир неча хил металл ўтказгичларнинг солиштирма қаршилигини ҳисоблаш керак.

Ҳисоблаш. Агар калибрланган 1 см симнинг қаршилигини ρ билан, унинг қўзғалувчан контактлар орасидаги узунлигини l билан белгиласак, қаршилик

$$R = \frac{R}{A} l = \frac{R}{A} \cdot 1 \text{ см}$$

формула билан ҳисоблавиши керак.

44-иш. Электродитларнинг солиштирма қаршилигини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) Кольрауш куприги, 2) U-симон идиш, 3) электр манбаи, 4) ош тузи, 5) тоза сув, 6) симлар.

Иш тўғрисида тушунча

Запжирнинг бир қисми учун чиқарилган

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

Ом қонуни суяқ ўтказгичлар учун ҳам тўғридир. Ўтказгичнинг қаршилиги

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

бундан солиштирма қаршилик ρ ни топамиз:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{L}$$

Шундай қилиб, геометрик шаклли электродлар орасидаги электродитнинг қаршилигини топсак, унинг солиштирма қаршилигини ҳам аниқлаш мумкин бўлади. Электродитлар ичида эркин ионлар бўлгани учун унга ташқаридан электр токи берилса, у узидан электр ўтказа олади.

Ток ўтиши натижасида электродитдаги ионлар зичлигининг тенглиги бузилади. Ионларнинг зичлиги электрод шаклига қараб ўзгаради.

Анод атрофига манфий ионлар, катод атрофига мусбат ионлар тулланади. Бу эса берилган электр токи йўналишига тесқари бўлган қўшимча электр юритувчи куч ҳосил қилади.

Электродитларнинг қаршилигини аниқлашда ўзгармас ток билан ишлайдиган куприк ишлатилмасдан, ўзгарувчан ток билан ишлайдиган Кольрауш куприги ишлатилади.

Кольрауш купригини ўзгарувчан ток билан кичкина индуктор P таъмин қилади. x — қаршилиги топилиши керак бўлган суяқлик, T телефон ва E электр манбаи 86-расмда тасвирланган схема асосида бир-бирига уланади. CD дан ўзгарувчан ток ўтганда, телефонда

товуш эшителиди. Ўзгармас ток купригида қандай усул билан ишланган бўлса, Кольрауш купригида ҳам шундай усул билан ишланади, аммо ўзгармас ток купригида гальванометр стрелкасини O да сақлашга ҳаракат қилинса, Кольрауш купригида эса телефонда товушни йўқотишга ҳаракат қилинади.

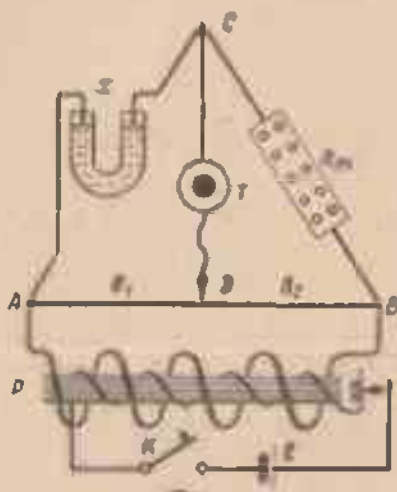
Қаршилиқлар магазинидан истаган бир R_m клеммани схемага улаб, D контактни чап томонга ёки ун томонга суриш билан телефонда товушнинг йўқолишига эришиш мумкин.

Умумий R қаршилиқ ўзгармас ток куприги орқали топилади:

$$R = \frac{L}{S} R_m$$

Сўнгра электроднинг S юзини ва улар орасидаги L масофани улчаб,

$$\rho = \frac{RS}{L}$$



86- расм.

формула орқали электролитнинг солиштирма қаршилиғи ρ топилади.

Ишнинг бажарилиши

5, 10, 15, 20 ва 25% ли туз эритмаси тайёрлаш керак.

Ҳар бир электролит (эритма) нинг қаршилиғини топиб, чиққан натижани қуйидаги жадвалга ёзиш керак:

Тартиб номери	%	R к	$I_1 : I_2$	m	ρ	

Эритманинг солиштирма қаршилиғи билан унинг қуюқлик даражаси орасидаги боғланиш графиги чизилади.

45- иш. Элементларнинг электр юритувчи кучини компенсация усули билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) аккумуляторлар багареяси, 2) нормал элемент, 3) Даниэль элементи, 4) реохорд, 5) гальванометр, 6) иккита калит, 7) симлар.

Иш тўғрисида тушунча

Элементларнинг э. ю. к. ни компенсация усули билан аниқлашда асбобларни 87-расмда тасвирланган схема асосида улаш керак.

Е ва E_1 электр манбаларининг бир исмли қутбларини бир нуқтага, бошқа қутбларини иккинчи С нуқтага улаганда ток кучлари бир-бирини йўқ қилиб юборади. яъни бу тоқлар узаро компенсацияланади. Мана шу ҳолатда занжирдан ток ўтмайди. Занжирда ток йўқлигини билиш учун унинг АЕ₁С тармоғига гальванометр кетма-кет уланади.

Агар С контактни чап ёки ўнг томонга суриб, гальванометр стрелкаси қўзғалмайдиган қилинса занжирнинг АЕВ тармоғидаги ток кучи:



87- расм.

$$I = \frac{E}{R_1 + r} \quad (1)$$

АЕ₁В тармоғидаги ток кучи эса:

$$I = \frac{E_1}{r_1 + r_0} \quad (2)$$

(1) ва (2) дан

$$\frac{E}{R_1 + r} = \frac{E_1}{r_1 + r_0}$$

ёки

$$\frac{E_1}{E} = \frac{r_1 + r_0}{R_1 + r} \quad (3)$$

Бу ерда r_0 ва R_1 қаршиликлар манбалар билан А ва В нуқталарни туташтирадиган симларнинг қаршилиги. (3) теңламадан:

$$E_1 = E \frac{r_1 + r_0}{R_1 + r} \quad (4)$$

Энди бу тажрибани бошқа элемент билан бажарсак, масалан, E_2 элемент урнига электр юритувчи кучи E_2 бўлган бошқа элемент олсак, у ҳолда:

$$E_2 = E \frac{r_1 + r_0}{R_1 + r} \quad (5)$$

(4) ни (5) га бўлсак:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_1 + r_0}{r_2 + r_0} \quad (6)$$

бу ерда r_2 — АС қисми қаршилиги. Бунда E_1 ва E_2 манбаларни А ва В нуқталарга ўловчи симлар йўғон бўлганлиги учун, уларнинг қаршиликлари $r_0 \rightarrow 0$ га интилади. Шунинг учун

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_1}{r_2}$$

деб олиш мумкин. Бундаги r_1 — E_1 элемент уланганда реохорднинг АС қисми қаршилиги, r_2 эса E_2 элемент уланганда реохорднинг АС қисми қаршилиги.

Ўзгармас ток кўпригига асосан

$$\frac{I_1}{r_1} = \frac{I_2}{r_2}$$

Шунинг учун:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

(7)

Ишнинг бажарилиши

Бу тажрибада иккита гальваник элементнинг э. ю. к. ларини бир-бирига солиштириш мумкин.

Агар шу элементлардан бирортасининг э. ю. к. маълум бўлса, иккинчисининг э. ю. к. ни (7) формула ёрдамида топиш мумкин. Масалан, E_1 маълум бўлса, E_2 э. ю. к. (7) формуладан топилади, яъни:

$$E_1 = E_2 \cdot \frac{r_1}{r_2}$$

бу ерда r_1 — E_1 элемент уланганда занжирнинг АС қисми узунлиги, r_2 — E_2 элемент уланганда занжирнинг АС қисми узунлиги.

Эслатма. 1. Тажрибада ҳамма вақт E нинг қиймати E_1 ва E_2 дан катта бўлиши керак.

2. Электр манбалари доимо улоғлик турмасдан фақат тажрибани кузатиш вақтидагина қисқа муддатга электр занжирига уланиши керак.

3. Албатта, олдин K_1 калит улашиб, кейин K_2 калит уланади.

4. Тажриба утказилиб бўлгандан сўнг аввал K_2 калит, сўнг-ра K_1 калит узилади.

46-иш. Аккумулятор батареяларининг фойдали иш коэффициенти ва фойдали қувватининг ток кучига боғланишини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) иккита аккумулятор, 2) кул шкалали вольтметр, 3) миллиамперметр, 4) иккита реостат (қаршилиги 2—3 ом ли ва 30—60 ом ли), 5) иккита калит, 6) сымлар.

Иш туғрисида тушунча

Ташқи қаршилиги R , ички қаршилиги R_0 ва э. ю. к. E бўлган аккумулятор қўшилган ёпиқ занжирнинг тулиқ N қуввати қуйидагича ифодаланади:

$$N = I E, \quad (1)$$

бу ерда I — занжирдаги ток кучи.

Ташқи занжирнинг кучланиши V булса, фойдали қуввати қуйи-
дагича булади:

$$N_1 = I \cdot V. \quad (2)$$

Фойдали қувват катталигининг тулиқ қувватга булган нисбати
фойдали иш коэффициентини дейилади, яъни

$$\eta = \frac{N_1}{N} = \frac{V}{E}. \quad (3)$$

Бутун занжир учун Ом қонуни формуласидан фойдаланиб, фой-
дали иш коэффициентининг бошқача ифодасини чиқарамиз. Бутун
занжир учун Ом қонунига асосан:

$$IR + IR_0 = E. \quad (4)$$

Маълумки, занжирнинг ташқи қисмида:

$$IR = V,$$

шунинг учун (4) дан фойдалансак:

$$V = E - IR_0$$

келиб чиқади. V нинг бу ифодасини (3) га қўйиб, қуйидагини то-
памиз:

$$\eta = \frac{E - IR_0}{E} \quad (5)$$

ёки

$$\eta = \frac{E - IR_0}{I(R + R_0)} = \frac{R}{R + R_0} \quad (6)$$

Бу формулалардан кўринадики, ток кучининг озайиши, яъни
 R қаршилиқнинг ортиши билан фойдали иш коэффициентини ҳам орта
бошлайди ва унинг қиймати 1 га интилади.

Бу ишдан кутилган мақсад аккумуляторларнинг фойдали қуввати
ва фойдали иш коэффициентининг ток кучига боғланишини тажри-
бада топишдир.

Ишнинг бажарилиши

Аккумуляторлар батареясининг фойдали иш коэффициентини ва
фойдали қувватининг ток кучига боғланишини 88-расмда тасвир-
ланган схема асосида аниқлаш мумкин. Бу схемага аккумуляторни
қисқа туташидан сақлаш учун қўшимча R қаршилиқ киритилган.

Курсатилган схема бўйича электр занжири тузилади. Схеманинг
туғрилиги текширилгандан кейин тажриба бошланади. R қаршилиқ-
ни максимумга ва R_0 қаршилиқни минимумга қўйиб, K_1 ва K_2 ка-
лит бир вақтда уланади. Бундан сўнг R қаршилиқни камайтириб,
занжирда 1—1,5 а гача ток ҳосил қилиш керак. R қаршилиқни
ўзгартирмасдан занжирда ҳосил булган кучланишни ва ток кучини
вольтметр ва амперметр ёрдамида ёзиб олинади.

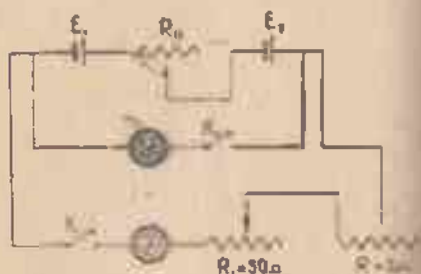
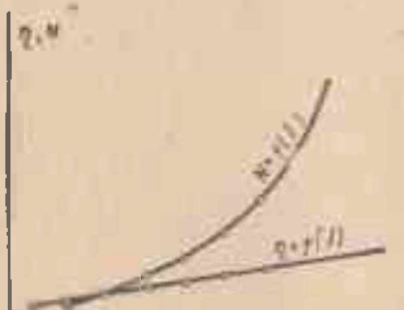
R_0 ни аста-секин камайтириб ток кучини 0,1 ампердан узгартириб 2 а га етказилади ва ток кучи ҳар бир 0,1 а оширилганда вольтметрнинг кўрсатиши ёзиб олинади. Сунгра калитни узиб вольтметр кўрсатиши ёзиб олинади. Шу вақтда вольтметрнинг кўрсатган потенциалини тахминан аккумуляторнинг E э. ю. к. га тенг дейиш мумкин. Чунки аккумуляторнинг ички қаршилиги вольтметр қаршилигига қараганда жуда кичик.

Тажриба натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади:

Тажриба номери	I	V	E	R_0	R_1	R_2	R_3	Нисбий хато

Тажриба натижаларини ҳисоблаш

1. Реостатларни узгартириш натижасида олинган ҳар бир I ток кучи ва V кучланишга мос келган фойдали қувватни ва фойдали иш коэффициентини (2) ва (3) тенгламалар ёрдамида ҳисоблаб жадвалга ёзилади.



88- расм.

2. Аниқланган фойдали иш коэффициенти ва фойдали қувват қийматларининг ток кучига боғлиқлиги график равишда ифодаланади (88- расм).

47- иш. Термоэлементи органиш

Турли металллардан ясалган иккита ёки бир нечта симнинг учларини бир-бирига пайвандлаб ёки қалайлаб ёпиқ занжир тўзилган.

Ҳар икки металлнинг пайвандланган учларида потенциаллар айирмаси пайдо бўлиб, бу потенциаллар айирмаси узаро қарама-

қарши йуналгандир. Учлари пайвандланган икки симга *термоэлемент* дейилади.

Электр юритувчи кучларнинг қиймати уланган учларнинг температурасига боғлиқ бўлиб, температуралар бир хил бўлса, ҳар икки пайвандда пайдо бўлган потенциаллар узаро тенг бўлади. Шунинг учун ҳам бундай занжирнинг тулқ электр юритувчи кучи нолга тенг бўлади.

Демак, пайвандланган жойларда пайдо булган электр юритувчи куч пайвандларнинг температуралари айирмасига тугри пропорционал экан.

Пайвандлардаги температуралар фарқи натижасида пайдо булган э. ю. к. га *термоэлектр юритувчи куч* дейилади. Шу шароитда ёпиқ занжирда пайдо булган электр токига *термоэлектр токи* дейилади.

Термотокнинг борлигини билиш учун текшириладиган ёпиқ занжирга гальванометр уланади.

Термоэлектр юритувчи кучнинг ҳосил бўлишига, биринчидан, турли металлларда электроннинг чиқиш ишининг ҳар хил бўлиши, иккинчидан, турли металлларда эркин электронларнинг концентрацияси ҳар хил эканлиги сабаб бўлади.

Мисол учун висмут (*B* металл) ва мис (*A* металл) дан иборат булган ёпиқ занжирни курайлик (89-расм).

Тажрибанинг кўрсатишича, қиздирилган пайвандда термоток висмутдан мисга томон йуналган бўлиб, совуқ пайвандда эса мисдан висмутга томон оқади.

A металлнинг ҳар 1 см³ даги эркин электронлар сони n_A , *B* металлнинг ҳар 1 см³ даги эркин электронлари сони эса n_B бўлсин.

Температураси *T*, булган иссиқ пайвандда

$$V_{BA} = V_B - V_A + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_B}{n_A}$$

потенциаллар айирмаси пайдо бўлади.

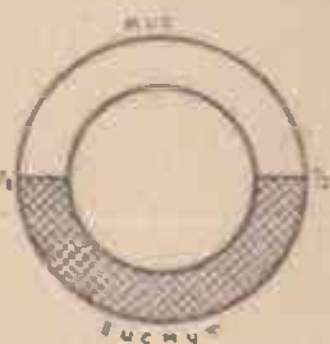
Температураси *T*, бўлган совуқ пайвандда эса, йўналиши V_{BA} потенциаллар айирмасига тескари булган

$$V_{AB} = V_A - V_B + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_A}{n_B}$$

потенциаллар айирмаси пайдо бўлади.

Текшириладиган ёпиқ занжирнинг тулқ термоэлектр юритувчи кучи *E* шу потенциаллар айирмасининг йиғиндисига тенг бўлади:

$$E = V_A + V_B - V_B - V_A + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_B}{n_A} + V_A - V_B + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_A}{n_B}$$



89- расм.

ёки

$$E = \frac{k}{T} (T_1 - T_2) \ln \frac{T_1}{T_2} \quad (1)$$

ёки

$$E = c(T_1 - T_2) \quad (2)$$

Бундаги c муайян термоэлемент учун узгармас миқдордир:

$$c = \frac{k}{T} \ln \frac{T_1}{T_2}$$

Демак, термоэлектр юритувчи куч пайвандлар температурасининг фарқига туғри пропорционал экан, лекин бунда температуралар фарқи унча катта бўлмаслиги керак. Агар температуралар фарқи катта бўлса, термоэлектр юритувчи куч Авенариус формуласидан топилади. Лекин мис ва кумуш, платина ва темир, висмут ва мис каби термопараларда термоэлектр юритувчи куч пайвандларнинг температуралари фарқига анча кенг соҳада пропорционал бўлади.

1-м а ш қ. Термоэлементи даражалаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) сезгирлиги 10^{-6} — 10^{-7} а булган гальванометр, 2) реостат, 3) калиб, 4) шунт, 5) термос, 6) 400—500 г муз, 7) 0—100°C ли иккита термометр, 8) мис — константа термоэлемент.

Иш туғрисида тушунча

Агар мис ва константа симларининг пайвандларидан бирини 0°C да, иккинчисини 100°C температурада сақланса, занжирда 0,0047 в га тенг э. ю. к. ҳосил бўлади.

Агар температуралар фарқи кичик бўлса, ҳосил булган термоэлектр юритувчи куч температуралар фарқига пропорционал бўлади.

Температуралар фарқи катта бўлса, термоэлектр юритувчи куч 1863 йили М. П. Авенариус топган қуйидаги формуладан топилади:

$$E = a(t_1 - t_2) + b(t_1 - t_2)^2 \quad (1)$$

t_1 ва t_2 — пайвандларнинг температураси a ва b лар эса узгармас сонлардир. Лекин бу формула ҳам жуда паст температураларда ноаниқ бўлиб қолади; суяқ хаво температурасида у мутлақо қўлланилмайди.

Масалан: темир — мис термоэлементи учун

$$a = 0,0000000386,$$

$$b = 273.$$

У вақтда (1) формула қуйидаги шаклни олади:

$$E = 0,0000000386(t_1 - t_2)(273 - \frac{t_1 + t_2}{2})$$

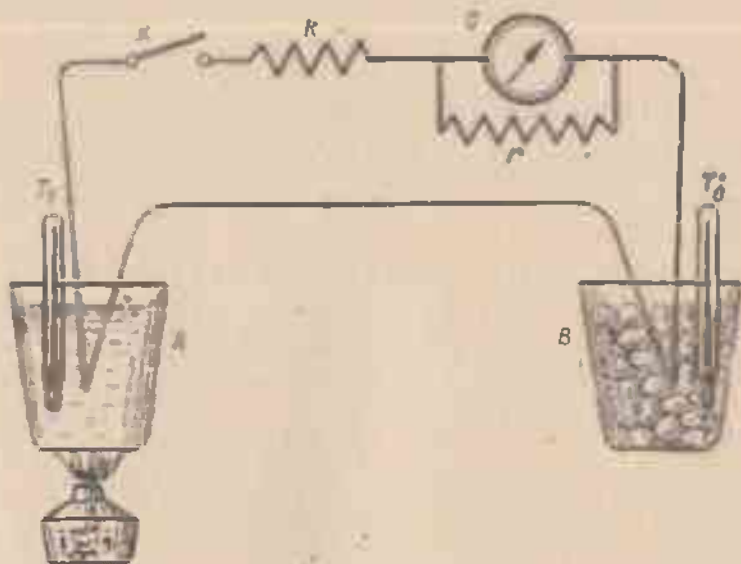
Термоэлектр токи миқдор жиҳатдан жуда кичик бўлса-да, муҳитнинг температурасини улчашда амалий аҳамияти катта.

Термоэлектр занжирга жуда сезгир гальванометр улаб, температурани 1°C нинг миллиондан бир улуши ($0,000001^{\circ}\text{C}$) гача аниқликда улчаш мумкин. Бундан ташқари, термоэлемент ердамида энг юқори ва паст температураларни ҳам улчаш мумкин.

Ишнинг бажарилиши

Асбоблар 90-расмда тасвирланган схема асосида йиғилади.

Термоэлемент пайвандларининг биттаси эриётган муз ичига, иккинчиси эса идишдаги сувга солиниб, термоэлемент электр занжири орқали гальванометрга уланади.



90- расм.

Агар гальванометр жуда сезгир бўлса, бу вақтда гальванометрга кетма-кет R реостат уланади. Реостатнинг R қаршилиги оз бўлса, гальванометрни G қаршилик билан шунтлаш керак. Шунт гальванометр ғалтагини куйиб кетишдан сақлайди. Гальванометрдан ҳамма вақт ток ўтиб турмаслиги учун занжирнинг бирор ерига калит улаш керак.

K калитни улаб, A идишдаги сувнинг температурасини ошира борсак, гальванометрнинг стрелкаси четлана боради. Агар совуқ ва иссиқ муҳитга солинган пайвандларнинг температуралари ширмаси оз бўлса, гальванометр стрелкасининг четланиши токка тўғри пропорционал бўлади.

Ичига муз солинган *B* идишдаги пайванднинг температурасини ўзгартирмасдан *A* идишдаги пайванднинг температурасини аста-секин ўзгартира бориб, ҳар гал гальванометр стрелкасининг $n_1, n_2, n_3, n_4, \dots$ четланишлари ва *A* идишдаги температура $t_1, t_2, t_3, t_4, \dots$ ёзиб олинади.

Чиққан натижалар қуйидаги жадвалга ёзилиб, шунга асосан график чизилади.

<i>A</i> идишдаги пайванднинг температураси	<i>B</i> идишдаги пайванднинг температураси (доимий)	Гальванометрнинг стрелкасининг ҳар қандай ҳолати
n_1 n_2 n_3 n_4		n_1 n_2 n_3 n_4

2-м а ш қ. Термоэлементнинг инверсия температурасини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) мис — темир термоэлемент, 2) ойнали гальванометр, 3) электр печка, 4) 0—300°C ли термометр, 5) реостат, 6) аккумулятор, 7) иккита калит, 8) стакан, 9) ёриткич, 10) тиниқ шкала, 11) симлар.

И ш т ў р и с и д а т у ш у н ч а

Икки хил металлни бир-бирига пайвандлаб қўйилса, пайвандланган жойда *E* э. ю. к. пайдо бўлади.

Нормал шароитда бу э. ю. к. пайванднинг *t* температурасига чизиқли боғлиқ бўлиб,

$$E = E_0 + a \cdot t$$

ифодани қаноатлантиради. Бундаги E_0 миқдор пайванднинг $t = 0$ бўлгандаги потенциаллар айирмасидир.

Юқори температурада *E* нинг *t* га боғланишини ифодаловчи Авенариус таклиф этган формула қуйидаги курунишда бўлади:

$$E = E_0 + at + bt^2. \quad (1)$$

E термоэлектр юритувчи кучнинг (1) формулага асосан *t* температурага боғланиш графиги 91-расмда кўрсатилган.

$t = \tau$ температурада *E* нинг қиймати максимум, яъни $E = E_{\text{макс}}$ бўлади. Пайванднинг *E* потенциаллари айирмасидан *t* температура бўйича олинган биринчи ҳосиласини нолга тенглаштириб, *t* нинг τ га тенг қийматини топамиз:

$$\tau = \frac{a}{2b}. \quad (2)$$

$E = E_{\text{макс}}$ бўлгандаги τ температура нейтрал нуқта ~~дан~~ муайян металлнинг характеристикаси дейилади.

(2) дан τ нинг қийматини (1) даги t ларнинг урнига қўйиб, муайян металлнинг иккинчи характеристикаси булган E_2 нинг қийматини топамиз:

$$E_2 = E_m - \frac{3a^2}{\omega} \quad (3)$$

(2) ва (3) тенгламалардан (1) даги номаълум a ва b узгармас миқдорларни бошқа маълум миқдорлар орқали ифодалаб оламиз:

$$a = \frac{2(E_m - E_1)}{\tau},$$

$$b = \frac{E_m - F_0}{\tau^2}.$$

a ва b нинг бу қийматларини (1) га қўйиб қуйидаги формулани ҳосил қиламиз:

$$E = E_0 + \frac{2(E_m - E_1)t}{\tau} - \frac{E_m - E_1}{\tau^2} t^2 \quad (4)$$

t_1 уй температурасида бу формула қуйидаги куринишга келади:

$$E_1 = E_0 + \frac{2(E_m - E_1)t_1}{\tau} - \frac{E_m - E_1}{\tau^2} t_1^2 \quad (5)$$

(4) дан (5) ни айтириб, термоэлектр юритувчи куч (ΔE) нинг қийматини топамиз:

$$\Delta E = E - E_1 = \frac{E_m - E_1}{\tau^2} (t - t_1)(2\tau - (t - t_1)) \quad (6)$$

Пайвандлардан бирининг t_1 температурасини узгартмасдан иккинчи пайванднинг t температурасини τ га тенглашгунча қиздириб, $\Delta E = \Delta E_m$ ни ҳосил қиламиз.

Бундан сунг температура ошиши билан ΔE камая боради. Ниҳоят, $t = t_2$ булганда, $\Delta E = 0$ булади. 91-расмдан куриниб турибдики,

$$\tau - t_1 = t_2 - \tau$$

ёки

$$\tau - t_1 = t_2 - \tau.$$

Шунинг учун

$$t_1 + t_2 - t_1 - t_2 = 2\tau = t_1 + t_2 - t_1 - t_2$$

$t_1 + t_2 = 2\tau$ температура инверсия температураси дейилади.

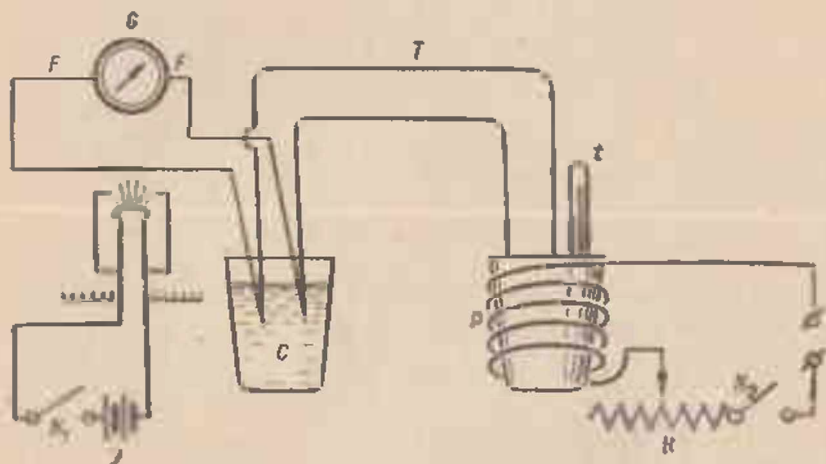
Ишнинг бажарилиши

Вазифа мис — темирдан ясалган термоэлементнинг қуйидаги параметрларини аниқлашдан иборат:

- 1) термоток пайванднинг температурасига боғлиқлигини аниқлаш;
- 2) нейтрал t нуқтани белгилаш;
- 3) t_1 инверсия температурасини аниқлаш.

Тажрибани бажариш учун асбобларни қуйндаги схема буйича улаш керак (92-расм).

а) Термоэлементнинг бир пайвандини термометрнинг симобли учига боғлаб печканинг ичига жойлаштирилади.



92-расм.

б) Термоэлементнинг иккинчи учини стакандаги ун температурасидаги сувга ботириб, 92-расмда курсатилгандек қилиб гальванометрга уланади.

в) K қалитни улаб ёритгични ёндириб, унинг ёруғлик нурини гальванометрнинг Z ойначасига туширилади.

г) Тиниқ шкалани шундай қуйиш керакки, ёритгичдаги чунтакни фонарь лампочкаси толасининг акси ойначадан қайтиб, тиниқ шкалада аниқ куринсин.

Асбоблар 92-расмда курсатилгандек қилиб улангандан сунг раҳбарнинг рухсати билан реостатни энг катта қаршиликка қуйиб, Δ қалитни улаш керак. Вақт ўтиши билан электр печкаси ва унинг ичидаги термоэлемент пайванди қизийди. Буни печкага жойлаштирилган термометрдан билиш мумкин. Печка ичидаги пайванд температурасининг кўтарилиши билан тиниқ шкалага тушган лампочка толасининг акси бир томонга қараб шкала буйича силжий боради.

Ҳар 20°C да термометрнинг t курсатишини ва гальванометрнинг курсатишини ёзиб бориш керак. Тажрибани термометр шкаласидаги энг юқори температурага қадар давом эттириш керак.

Сунгра K , калитни узиб, хар 20°C совиганда термометрнинг t курсатиши ва гальванометрнинг I_g курсатиши ёзиб борилади.

Тажрибадан олинган натижалар қуйидаги жадвалга ёзилади:

Тажриба номери	t	I_g	I_g	$I_g = \frac{E - E_0}{R}$

Иш тугагандан сунг K , калит узилади. t нинг қийматларини декарт координаталари системасининг абсцисса ўқиға ва I_g нинг қийматларини ордината ўқиға қуйиб график чизилади.

Бу графикдан нейтрал t нуқтани ва инверсион t_i температурани аниқлаш мумкин.

48-иш. Электрон лампаларни урганиш. Электрон лампалар туғрисида умумий тушунча

Электрон назариясидан маълумки, қиздирилган металлдан электронлар ажралиб чиқиб туради. Электронларнинг металл сиртидан ажралиб чиқиши учун улар маълум бир энергия миқдорига эга булиши зарур. Электроннинг ажралиб чиқиши учун керак бўлган энергия миқдори *электроннинг чиқиш иши* дейилади. Электроннинг чиқиш иши электронвольт (эв) билан ўлчанади.

$$1 \text{ эв} = 1,60207 \cdot 10^{-12} \text{ эрг.}$$

ёки

$$1 \text{ эв} = 1,60207 \cdot 10^{-19} \text{ жоуль.}$$

Электронларнинг металл сиртидан ажралиб чиқиши учун уларнинг кинетик энергияси чиқиш ишидан катта булиши керак.

Қиздирилган жисмлардан электронларнинг ажралиб чиқиш ҳодисасига *термоэлектрон эмиссия* деб аталади. Қиздирилган металл температурасининг кўтарилиши билан ундан ажралиб чиқувчи электронлар сони ҳам оша боради.

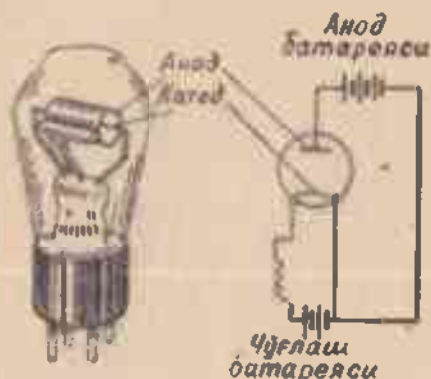
Ричардсон қиздирилган металлнинг температурасига қараб, ундан электронларнинг чиқиши туфайли ҳосил бўлган эмиссион ток зичлиги учун қуйидаги формулани чиқарди:

$$I_e = A e^{-\frac{W}{kT}}$$

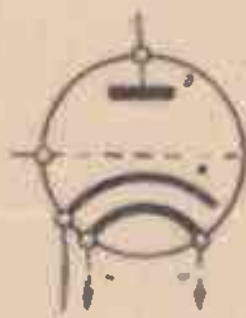
бунда I_e — эмиссия токининг зичлиги, T — қиздирилган металлнинг абсолют температураси, e — натурал логарифм асоси, A — чи-

қилг иши, B — ҳар хил металллар учун турли қийматга эга булган ва бир хил металллар учун ўзгармас катталикдир.

Электрон лампалар тузилишига термоэлектрон эмиссия ҳодисаси асос қилиб олинади. Улардан энг оддийси қуйидагича тузилган (93-расм):



93-расм.



94-расм.

Икки электродли электрон лампа K катод ва A аноддан иборат (93-расм).

K электроддан электр токи утиши туфайли у қизиб, ундан электронлар ажралиб чиқа бошлайди ва бу электронлар мусбат потенциалга эга булган A электродга томон боради. 94-расмдаги H эса катодни қиздирувчи сим.

Вақт бирлиги ичида катоддан ажралиб анодга борувчи электронларнинг ўзи билан бирга олиб ўтган электр зарядининг q миқдори электродлар орасидаги кучланишга ва электрон лампанинг сифимига боғлиқ, яъни:

$$q = CV, \quad (1)$$

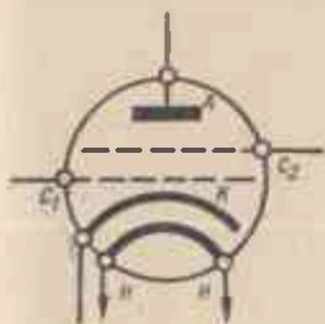
бунда C — катод ва анод орасидаги электр сифим, V — электродлар орасидаги кучланиш.

Анод занжирида пайдо булган ток *анод токи* деб аталади. Биз текширган электрон лампа икки электродли булиб, у *диод* деб аталади. Бундай лампалар кўпинча туғрилагич сифатида ишлатилади. Икки электродли лампалар *кенотрон* ҳам дейилади.

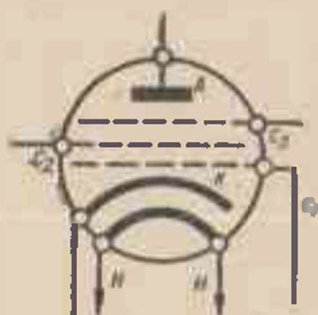
Уч электродли лампалар *триод* дейилади. Бундай лампаларнинг аноди билан катоди орасига C тур жойлаштирилган булиб (94-расм), бу тур бошқарувчи тур дейилади.

Бошқарувчи турли триодлар юқори частотали электромагнит тебранишларни кучайтиришда ва юқори частотали тебранишлар ҳосил қиладиган генераторларда ишлатилади.

Турт электродли лампалар *тетрод* дейилади. Бундай лампаларнинг катода билан аноди орасига иккита тур қуйилган булади (95-расм). Бундаги C_1 —бошқарувчи тур, C_2 —экранловчи тур дейилади. Экран тури туғридан-туғри анод батареясига уланади. C_1 тур лампа катодини ва бошқарувчи турни аноднинг электростатик таъсиридан сақлайди. Шунинг учун ҳам у *экранловчи тур* дейилади.



95- расм.



96- расм.

Беш электродли лампалар *пентод* дейилади (96-расм).

C_3 тур *антидинатрон* *тур* дейилади. Антидинатрон тур катодга ёки бирор ток манбаининг манфий қутбига уланади. Антидинатрон тур лампа анодидан электронларнинг чиқишига қаршилик курсатади.

1-м а ш қ. Икки электродли лампа (диод) нинг характеристикасини олиш

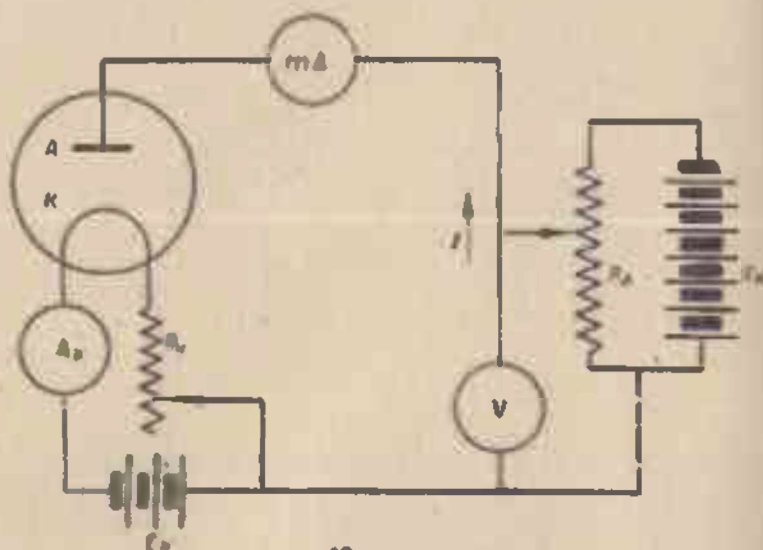
Қеракли асбоб ва материаллар: 1) икки электродли лампа, 2) микроамперметр, 3) амперметр, 4) ток манбаи (аккумулятор), 5) анод батареяси, 6) вольтметр, 7) анод занжири учун 3000 ом ли реостат, 8) катод занжири учун 50 ом ли реостат, 9) иккита калит, 10) улаш симлари.

Ишнинг бажарилиши

Катоддан чиққан электронлар анод занжирида узгармас кичик ток ҳосил қилиши юқорида баён қилинган эди. Шу токнинг кучи анод ва катод орасидаги кучланиш билан катоднинг температура-сига боғлиқдир.

Бу боғланишнинг график тасвири *катод лампасининг характеристикаси* дейилади. Катод лампасининг характеристикасини олиш учун асбобларни қуйидаги схема буйича бир-биринга улаш керак (97-расм): бу ерда E_k —катод толасини чуғ-

лантирувчи электр манбаи, A_0 — амперметр, R_0 — анод кучланиши ни узгартувчи потенциометр, R_1 — катод толасидаги токни узгартувчи реостат, V — вольтметр, mA — миллиамперметр. Катоднинг ток манбаи, одатда, учта аккумулятордан иборат булади. Вольфрамдан ясалган катод толасининг қизишини бир хил тутиш учун, R_1 реостат ёрдами билан ток кучини узгартирмай туриш керак. Катодга



97- расм.

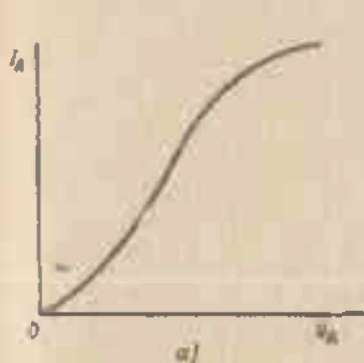
берилаётган ток кучининг узгармас қийматга эга бўлиши катта аҳамиятга эга. Чунки ажралиб чиқувчи электронлар сони катод толасининг қизишига боғлиқдир. Шу сабабли тажрибада керак бўлган кузатишларни катод ток кучи узгармас қийматга эга бўлгандагина бажариш мумкин. Тажриба вақтида анодга берилаётган ток кучланишини R_0 реостат ёрдамида 10 вольтлаб ошириб турилади.

V_A нинг ўсиши билан анод токи I_A нинг ўсиши, сунгра маълум бир қийматга етганда эса узгармас бўлиб қолиши графикдан куриниб турибди (98-а расм). I_A анод токининг узгармас қийматга эга бўлгандаги миқдорига «туйинган ток» дейилади. Агар қиздириш токини (катодга бериладиган токни) орттирсак, катод сими янада кўпроқ қизиб «туйинган ток» миқдори илгаригига қараганда катталаша боради. Лекин туйиниш токи катоднинг T температураси ортишига қараб ортади (98-б расм). Туйиниш токининг катод температурасига боғланиши Ричардсон формуласи билан берилади:

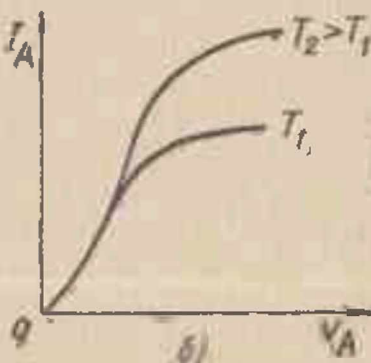
$$I_{\text{туйинган}} = \alpha T^2 e^{-\frac{W}{kT}}$$

бу ерда ϕ — катод сирти, T — катоднинг абсолют температураси, a ва b — катоднинг қандай материалдан ясалганига боғлиқ бўлган миқдорлар.

Графикдан қуринадики, катоднинг қиздирилишига қараб, анод токи маълум бир миқдорга қадар ортади, сунгра ортиш тухтайди.



98-а расм.



98-б расм.

Бунда графикдаги эгри чизиқ абсцисса уқига параллел бўлиб, анод токи туйинган ҳолатга келади.

Демак, анод токининг энг катта қиймати (туйиниш токи) катод толасига ва унинг қизиш температурасига боғлиқ экан.

2-м а ш қ. Уч электродли лампа (триод) нинг тур характеристикасини олиш

Бу ишни бажаришда 1-машқда курсатилган асбоблардан ташқари қуйидаги асбобларни ҳам олиш керак: 1) уч электродли лампа, 2) 12,5 вольтли аккумуляторлар батареяси, 3) 15 вольтгача курсатадиган узгармас ток вольтметри, 4) 5 вольтгача курсатадиган узгармас ток вольтметри, 5) 1000—1500 ом қаршиликли реостат, 6) коммутатор, 7) калит.

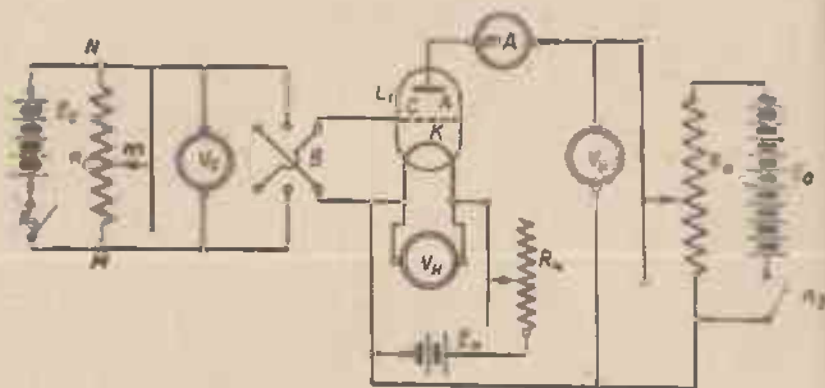
Ишни бажаришда курсатилган асбобларни қуйидаги схема (99-расм) бўйича бир-бирига улаш керак.

Бу ерда F_1 — тур батареяси, K_2 — калит, R_1 — тур кучланишини узгартиш учун потенциометр шаклида уланган реостат, V_1 — тур кучланишини курсатадиган вольтметр, B — коммутатор, L_1 — уч электродли лампа, V_2 — чуғланиш кучланишини курсатадиган вольтметр.

Уч электродли лампанинг тур характеристикасини олиш анод токининг турдаги кучланишга қараб узгаришини график шаклида курсатиш демакдир.

Анод ва катод толасини қиздирувчи кучланишларни узгармас ҳолда сақлаб, R_1 потенциометрнинг m контактини M гача суриб

калитни улаш керак. Бу вақтда V вольтметр нолни курсатади, яъни турга ҳеч қандай қучланиш берилмайди. Сунг m контактни секинлик билан N нуқта томон суриб, турдаги қучланишни 1—2 вольтдан ошира бориш керак. Турдаги қучланишни ҳар (1—2 в) оширганда V вольтметрға қараб турдаги қучланишни ва mA миллиамперметрға қараб анод токини ёзиб бориш керак.



99-расм.

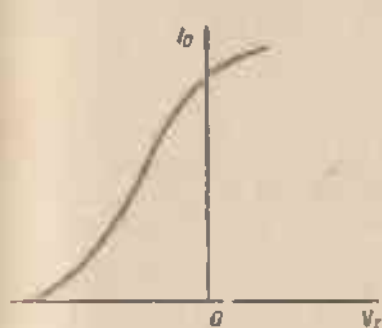
Потенциометрнинг m контакти N га бориб етгандан сунг B коммутатор ёрдамида токнинг йуналишини ўзгартириб ишчи такрорлаш керак.

Ўлчаш натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади:

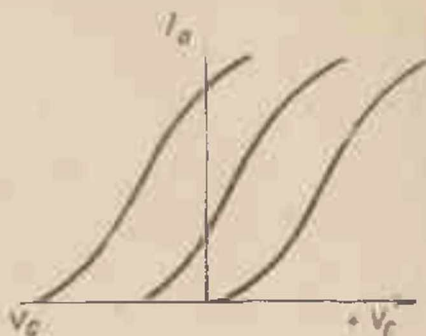
Тартиб номери	V_K	V_a	V_g	I_a

V нинг қийматларини координата системасининг абсциссалар ўқига, I_a нинг қийматларини эса ордината ўқига қўйиб чиқилса, 100-расмдаги каби эгри чизиқ ҳосил бўлади. Бу эгри чизиқ уч электродли лампанинг тур характеристикаси бўлади.

Тажрибани анод қучланишининг бир неча қийматлари (40 в, 60 в, 80 в) учун бажарсак, уларнинг графиклари бир-бирига нисбатан маълум масофага силжиган эгри чизиклардан иборат бўлади (101-расм).



100- расм.



101- расм.

49- иш. Миснинг электрохимиявий эквивалентини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) вольтметр, 2) секундомер, 3) реостат, 4) калит, 5) амперметр, 6) аккумуляторлар батареяси, 7) қум.

Иш туғрисида тушунича

Агар эритмалардан ўзгармас электр токи ўтказилса уларнинг ичидаги ионлар электр майдони таъсирида катод ва анодга томон ҳаракат қилади.

Агар CuSO_4 эритмаси орқали ток ўтказилса миснинг мусбат иони Cu^{++} катодга томон, манфий ион SO_4^{--} анодга томон ҳаракатланади. Мусбат зарядли Cu^{++} ионлар катодга келиб ундан иккита электронни қабул қилади ва катодда мис атомлари сифатида ажралади. Электролитдан ток ўтаётганда электродларда модда ажралиб чиқиш ҳодисаси *электролиз* дейилади.

Инглиз физиги Фарадей бу ҳодисаларни чуқур урганиб, электролизнинг икки қонунини кашф этди.

Биринчи қонун қуйидагича таърифланади: электролитдан ўзгармас ток ўтиб турган вақтда электродларда (катодда) ажралиб чиққан модданинг массаси ток кучига ва унинг ўтиб туриш вақтига туғри пропорционалдр.

Катодда ажралган модданинг массасини m билан, ток кучини I ва вақтни t билан ифодаласак, бу қонуннинг математик ифодаси қуйидагича бўлади:

$$m = kIt, \quad (1)$$

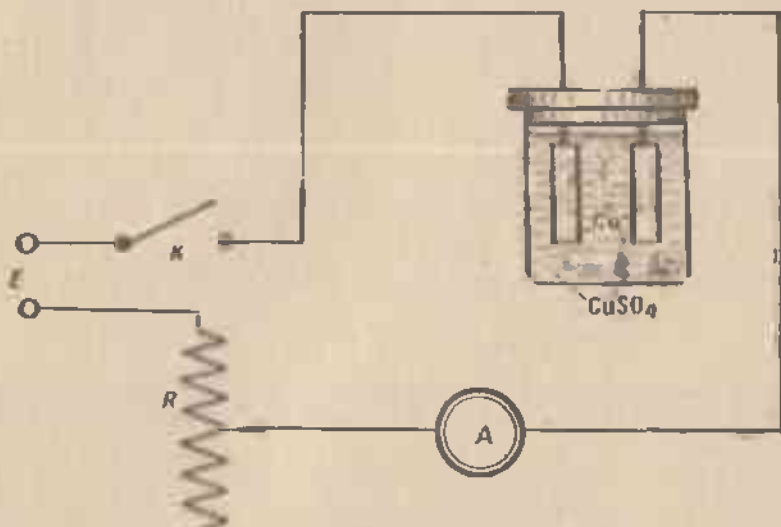
бунда k — пропорционаллик коэффициенти ёки текширилаётган модданинг *электрохимиявий эквиваленти* дейилади:

$$k = \frac{m}{It}, \quad (2)$$

Модданинг электрохимиявий эквиваленти сон жиҳатидан электролитдан бир кулон заряд утганда ажралиб чиққан модда масса-сиа тенг бўлади.

Ишнинг бажариллиши

Бирор шиша идишга (банкага) 15—20% ли CuSO_4 эритмаси солишиб, унинг ичига мис пластинкадан ясалган иккита электрод туширилади (102-расм). Катодни тажриба олдидаи жуذا ҳам яхши-



102- расм.

лаб тозалаш керак. Тозаланган катод пластинкасининг юзига қўл тегизмасдан дастасидан ушлаб, аналитик тарозида 0,1 мг гача аниқликда тортиш керак. Сунгра тозаланган пластинкани ток манбаининг (аккумулятор батареясининг) манфий қутбига улаб, эритмага тушириш керак.

Эритма орқали утадиган электр токининг кучи ҳаддан ташқари катта бўлмаслиги учун электролитсиз вақтда реостат ёрдамида токнинг кучини 1—2 а чамасида олиб, сунгра идишга электролит қўйиб ток юборилади.

Асбоблар 102-расмда тасвирланган схема асосида бир-бирига улангандан кейин секундомер ёки соатга қараб вақтни белгилаб К қалит уланади.

Токни реостат ёрдамида ҳамма вақт доимий сақланган ҳолда тахминан 10—12 минут утгандан кейин қалит узилиб, пластинка эритмадан чиқариб олинади ва тоза сувда ювилади, қуригилади, сунгра яна аналитик тарозида 0,1 мг гача аниқликда тортилади.

Катод пластинкасининг массаси ток ўтказишдан олдин m_1 , таж-риба охирида эса m_2 бўлса, электролитдан ажралган миснинг массаси

$$m = m_2 - m_1. \quad (3)$$

Демак, ажралган миснинг m массасини, кетган I вақтни ва шу вақт ичида ўтган I токини билган ҳолда миснинг электрохимиявий эквивалентини (2) формулага асосан топиш мумкин.

Фарадейнинг иккинчи қонуни моддаларнинг электрохимиявий эквивалентлари уларнинг химиявий эквивалентларига пропорционал эканлигини ифодалайди:

$$k = c \frac{A}{n}, \quad (4)$$

бу ерда c — пропорционаллик коэффициенти бўлиб, ҳамма моддалар учун бир хил, A — модданинг атом оғирлиги, n — модданинг валентлиги.

Одатда c коэффициент урнига унга тескари бўлган миқдор киритилади:

$$\frac{1}{F} = c. \quad (5)$$

(5) га асосан (4) ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$k = \frac{1}{F} \frac{A}{n}, \quad (6)$$

бундан

$$F = \frac{1}{k} \frac{A}{n}. \quad (7)$$

F — Фарадей сони дейилади.

50-иш. Куприк схемаси ёрдамида ғалтакининг ўзиндукция коэффициенти ни ўлчаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) реохорд, 2) гальванометр, 3) иккита қаршиликлар магазини, 4) ўзиндукция эталони, 5) ўлчанадиган ғалтак, 6) зуммер, 7) телефон, 8) аккумулятор, 9) қуш қутбни икки ёқлама переключателдан иккита, 10) иккита қалит, 11) улаш учун симлар.

Иш туғрисида тушунча

Иш туғрисида тушунча бериш учун қуйидаги узгармас ток куприги схемаси (103-расм) дан фойдаланамиз.

Бунда r_1 , r_2 , r_3 ва r_4 — қаршиликлар, r_5 ва r_6 лар эса L_1 ва L_2 ўзиндукция ғалтакларининг актив қаршилигидир.

Куприкнинг A ва B нуқталарига E аккумулятордан узгармас ток юбориб, G гальванометр ёрдамида CD орқали ток ўтмаслигига

эришсак, куприкдаги қаршилликлар ўзаро қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{r_2 + r_3}{r_2 + r_3} = \frac{r_2}{r_3} \quad (1)$$

Энди схемага S манбадан ўзгарувчан ток юборилади. Ўзгарувчан ток ўтказилганда куприк елкаларининг Z_1 , Z_2 , Z_3 ва Z_4 тулиқ қаршилликлари қуйидагича ифодаланади:

$$\begin{aligned} Z_1 &= \sqrt{R_1^2 + \omega^2 L_1^2} \\ Z_2 &= \sqrt{R_2^2 + \omega^2 L_2^2} \\ Z_3 &= r_3, \quad Z_4 = r_4 \end{aligned}$$

(3) формулалардаги L_1 , L_2 — ғалтакларнинг ўзиндукция коэффициентлари ω — ўзгарувчан ток частотаси, R_1 — актив қаршилик.

CD орқали ток ўтмаётганлигини T телефон ёрдамида аниқлаганимизда бу куприк елкаларидаги қаршиликлар ўзаро қуйидагича муносабатда бўлади:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4} \quad (4)$$

(3) даги Z_1 , Z_2 , Z_3 ва Z_4 ларнинг қийматларини (4) тенгламага қўямиз:

$$\frac{\sqrt{R_1^2 + \omega^2 L_1^2}}{\sqrt{R_2^2 + \omega^2 L_2^2}} = \frac{r_3}{r_4}$$

103- расм.

Бундан

$$R_1^2 r_4^2 + r_4^2 \omega^2 L_1^2 = R_2^2 r_3^2 + r_3^2 \omega^2 L_2^2 \quad (5)$$

r_3 ва r_4 , R_1 ва R_2 ларни шундай танлаб олиш керакки, бунда қуйидаги тенглик бажарилсин:

$$R_1 r_4 = R_2 r_3$$

Демак, (5) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$r_4^2 \omega^2 L_1^2 - r_3^2 \omega^2 L_2^2 = R_2^2 r_3^2 - R_1^2 r_4^2$$

ёки бунини ω^2 га бўлиб, $r_4^2 L_1^2 - r_3^2 L_2^2 = R_2^2 r_3^2 - R_1^2 r_4^2$

ёки

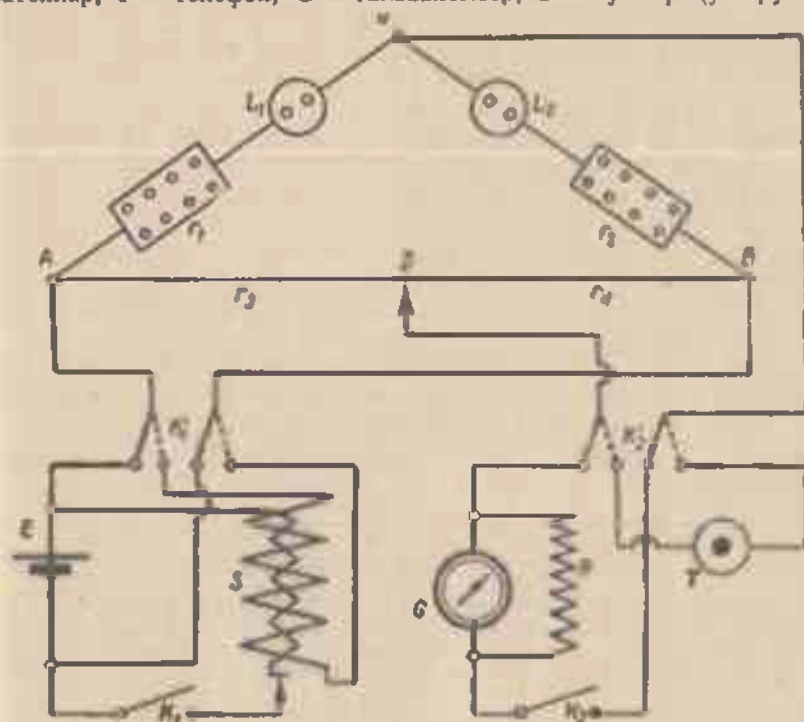
$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{r_3}{r_4} \quad (6)$$

r_1 ва r_2 ларнинг нисбатини аниқлаб, ғалтаклардан бирининг узиндукция коэффиценти маълум бўлганда, (6) формуладан фойдаланиб иккинчи ғалтакнинг узиндукция коэффицентини аниқлаш мумкин.

Ишнинг бажарилиши

Ишни бажаришда берилган асбобларни 104-расмдаги схема буйича бир-бирига улаш керак.

r_1 , r_2 — қаршилиқлар магазини, K_1 , K_2 — қуш қутбли переключателлар, T — телефон, G — гальванометр, S — зуммер (узгарувчан



104- расм.

ток манбаи), E — узгармас ток манбаи, AB — реохорд, r_1 — узиндукция эталони, r_2 — узиндукция коэффиценти топилиши керак бўлган ғалтак.

Агар G гальванометр жуда сезгир бўлса, унга параллел қилиб қаршилиги катта бўлмаган R реостатни улаш керак. K_1 қалит уланганда зуммерга узгармас ток келади, K_2 уланганда эса гальванометр схемага уланади.

Қуш қутбли K_1 қалит ёрдамида схемага аккумулятор уланиб узгармас ток ёки зуммер уланиб узгарувчан ток олинади. Қуш

кутбли K_1 калит ёрдамида схемага гальванометр ёки телефон ула-
нади. K_1 ва K_2 калитларини шундай улаш керакки, схемага зуммер
ва телефон уланган бўлсин. K_1 калитни улаб зуммерни шундай
роғлаш керакки, телефонда товуш аниқ ва баланд бўлиб эши-
тилсин.

D контактни ҳаракатлантириб, телефонда товушнинг жуда секин
эшитилишига эришиш керак. Схемани зуммердан узгармас ток
манбаига, телефондан эса гальванометрга улаш керак.

K_2 калитни улаб, D нинг ҳолатини узгартирмасдан, r_1 ва r_2
қаршилиқлар магазинининг қаршилиқларини узгартириб гальвано-
метр стрелкасини нолга келтириш керак. Сунгра яна схемани узга-
рувчан токка ва телефонга улаш керак. Агар телефонда товуш-
нинг секин эшитилиши узгарган бўлса, D контактни ҳаракатлан-
тириб яна аввалги ҳолатига эришиш керак. Схемани узгармас
ток манбаига ва гальванометрга улаб, r_1 ва r_2 ларни узгартириш
билан гальванометр стрелкасини 0 га келтириш керак. Схемани
узгарувчан токка ва телефонга улаб, телефонда товушнинг жуда
секин эшитилиш ҳолатига эришиш керак.

Шу тартибда ишларни такрорлаб шунга эришиш керакки, r_1 , r_2
ларнинг маълум қиймати ва D нинг маълум бир ҳолати учун галь-
ванометрнинг стрелкаси нолни кўрсатсин ва телефонда товуш жуда
секин эшитилсин.

Сунгра r_2 ва r_1 нинг реохорддан топиладиган қийматини ва
узиндукция эталони L нинг қийматини (6) тенгламага қўйиб, би-
ринчи ғалтакнинг I узиндукция коэффициентини топилади.

Эслатма. Ташқи магнит майдон гальванометрга таъсир қилмаслиги учун
уни темир тушукдан ясалган қутининг ичига жойлаштириш керак.

51-нш. Ғалтакнинг узиндукция коэффициентини Ом қонунин ёрдамида аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) узиндукция коэффициентини
аниқлашиш керак бўлган темир ўзакли ғалтак, 2) реостат, 3) узгармас ток
амперметри, 4) узгарувчан ток амперметри, 5) узгарувчан ток вольтметри, 6) узгар-
мас ток вольтметри, 7) 12 в ли узгарувчан ва узгармас ток манбалари, 8) симлар.

Иш туғрисида тушунча

Ёпиқ занжирнинг айрим қисмига Ом қонунини татбиқ этиб,
узиндукция коэффициентини аниқлаш мумкин.

Бунинг учун навбат билан ёпиқ занжирнинг маълум қисмидан
узгармас ёки узгарувчан ток утказилади. Бунда занжирдан I узгар-
мас ток ўтиб туради деб фараз қилайлик (105-расм).

Занжир AB қисмининг қаршилиғи:

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

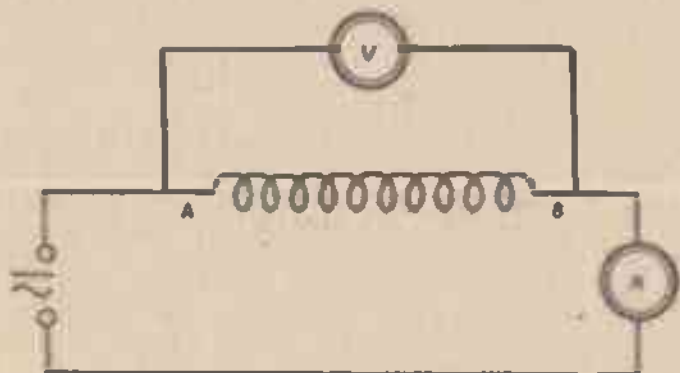
буида V — вольтметр кўрсатиши, I — амперметр кўрсатиши.

Энди шу занжирдан ν частотали узгарувчан ток утказсак, Z тулиқ қаршилиқ Ом қонунига асосан қуйидаги формуладан топилади:

$$Z = \frac{V}{I}. \quad (2)$$

Маълумки, тулиқ қаршилиқ Z қуйидагига тенг:

$$Z^2 = R^2 + \omega^2 L^2. \quad (3)$$



105- расм.

L ғалтакнинг узиндукция коэффиценти:

$$L = \frac{1}{2\pi\nu} \sqrt{Z^2 - R^2}. \quad (4)$$

Бу тенгламадаги Z ва R нинг қийматлари (1) ва (2) дан топилади.

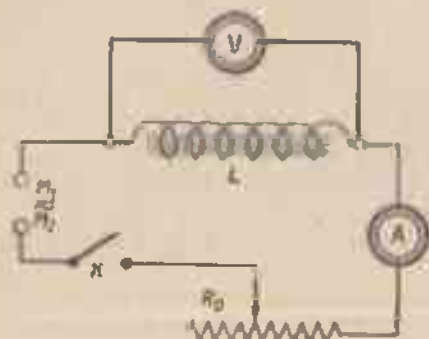
Демак, узиндукция коэффиценти топиш учун берилган ғалтакнинг узгармас ва узгарувчан токка кўрсатадиган қаршилигини аниқлаш керак.

Ишни бажариш учун занжирни 106-расмда кўрсатилган схема буйича улаш керак. Бунда M_1 , M_2 — ток манбалари, L — текшириладиган узиндукция ғалтаги, R_0 — реостат, K — калит, V — вольтметр, A — амперметр.

Схеманинг туғрилиги текширилгандан кейин R_0 реостат қаршилиги максимум булган ҳолда K калитни улаб, ёпиқ занжирга узгармас ток юборилади. R_0 реостатнинг қаршилигини камайтириш йўли билан занжирдаги ток кучини 1 а га туғрилаб, вольтметрнинг кўрсатиши ёзиб олинади. Сунгра ток кучини 0.5 а ошириб, яна вольтметрнинг кўрсатиши ёзиб олинади. Занжирдаги ток кучи 3а га етгунча тажрибани давом эттириш керак. (1) формуладан R_0 , R_1 ва R_2 ларнинг қийматларини аниқлаб, R нинг уртача қиймати топилади.

Сунгра зашжирга узгарувчан ток бериб тажриба яна такрорланади. (2) формуладан Z_1 , Z_2 ва Z_3 ларнинг қийматларини аниқлаб, Z нинг уртача қиймати топилади.

R ва Z нинг уртача қийматларини билгандан кейин (4) формула ёрдамида L нинг қиймати топилади.



106- расм.

Текширилатган узиндукция ғалтагининг ичига темир узак қуйиб, юқоридаги тажрибани яна такрорлаб, темир узакли ғалтак учун ҳам L нинг қиймати топилади.

Ишнинг бажарилиши

1) Асбоблар 106-расмда тасвирланган схема буйича уланади.

2) Узаксиз ғалтакдан узгармас ток утказиб, R нинг уртача

қиймати ва узгарувчан ток утказиб, Z нинг уртача қиймати топилади.

3) Ғалтакка темир узак утказиб, узгарувчан ток учун Z нинг уртача қиймати белгиланади.

4) Узаксиз ва темир узакли ғалтак учун узиндукция коэффиценти L нинг катталиги ҳисоблаб чиқарилади.

5) Тажрибадан чиққан натижалар қуйидаги жадвалга ёзилади.

Тажриба шартлари	Узгармас ток				Узгарувчан ток				L
	I	V	R	Z	I	V	Z	$\cos \phi$	
Узаксиз ғалтак учун									
Темир узакли ғалтак учун									

52- иш. Тангенсбуссол доимийлигини ва магнит майдони кучланганлигининг горизонтал ташкил этувчисини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) тангенсбуссол, 2) аккумулятор, 3) коммутатор, 4) қаршиликлар магазини.

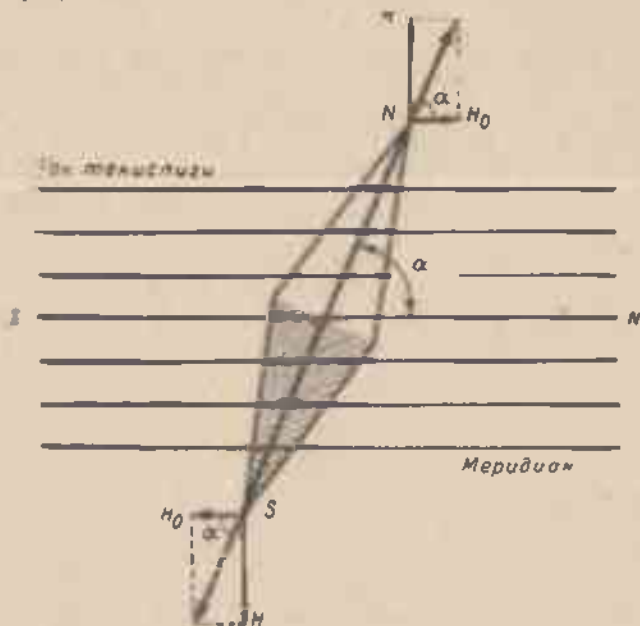
Иш туғрисида тушунча

Вертикал ўрнатилган r радиусли n урамдан иборат булган катта айланма утказгичнинг марказида вертикал ўққа қисқагина магнит стрелкаси ўрнатилган. Айланма утказгични Ернинг магнит ме-

ридиани буйича урнатамиз ва ундай ток юборамиз. Стрелка ҳаракат қиладиган соҳада токнинг магнит майдонини бир жинсли деб ҳисобласак, унинг H кучланганлиги Био—Савар—Лаплас қонунига асосан қуйидагига тенг бўлади:

$$H = \frac{0,2 \pi I n}{r} \quad (1)$$

Шу майдон таъсирида стрелка айланма ток текислигига перпендикуляр жойлашишга интилади. Стрелкага Ернинг магнит майдони ҳам таъсир қилади.



107- расм.

Ернинг магнит майдони кучланганлигининг горизонтал H_0 ташкил этувчиси стрелканинг 90° бурчакка бурилишига қаршилиқ курсатади. натижада стрелка 90° дан кичик булган α бурчакка бурилади (107- расм).

Ток кучи I қанча кўп булса, α бурчак ҳам шунча катта булади. 107- расмда

$$H = H_0 \operatorname{tg} \alpha. \quad (2)$$

(1) ва (2) формулалардан

$$H_0 \operatorname{tg} \alpha = \frac{0,2 \pi I n}{r}$$

ёки

$$H_0 = \frac{0,2 \pi I n}{r \operatorname{tg} \alpha}. \quad (3)$$

(3) тенгламадан

$$I = \frac{rH_0}{0,2\pi n} \operatorname{tg} \alpha \quad (4)$$

Бунда $\operatorname{tg} \alpha$ олдидаги ифодани c билан белгиллаб, уни *буссол дош-мииси* деймиз:

$$c = \frac{rH_0}{0,2\pi n} \quad (5)$$

Демак, ток кучи

$$I = c \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (6)$$

Э. ю. к. E булган аккумулятордан биринчи марта $x - R_1$ қаршилиқ орқали I_1 ток кучи юборилади, иккинчи марта эса $x + R_2$ қаршилиқ орқали I_2 ток кучи юборилади. Бу ерда R_1 , R_2 — қўшимча қаршилиқлар, x эса элементнинг ички қаршилиғи.

Стрелканинг I_1 ва I_2 тоқларга туғри келган четланиши α_1 ва α_2

$$I_1 = c \operatorname{tg} \alpha_1, \quad (7)$$

ва

$$I_2 = c \operatorname{tg} \alpha_2$$

тенгликлардан аниқланади. Ом қонунига асосан

$$I_1 = \frac{E}{x + R_1}$$

ва

$$I_2 = \frac{E}{x + R_2} \quad (8)$$

(7) ва (8) формулалардан:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} \quad \text{ва} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{x + R_2}{x + R_1} \quad (9)$$

Чап томонлари тенг булгани учун, унг томонлари ҳам тенг булади.

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{x + R_2}{x + R_1} \quad (10)$$

(3), (6), (8) ва (10) формулалардан фойдаланиб, c ва H_0 лар учун қуйидаги формулаларни ёзиш мумкин:

$$c = \frac{E (\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1)}{(R_1 - R_2) \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_2}; \quad H_0 = \frac{0,2\pi n E (\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1)}{r (R_1 - R_2) \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_2} \quad (11)$$

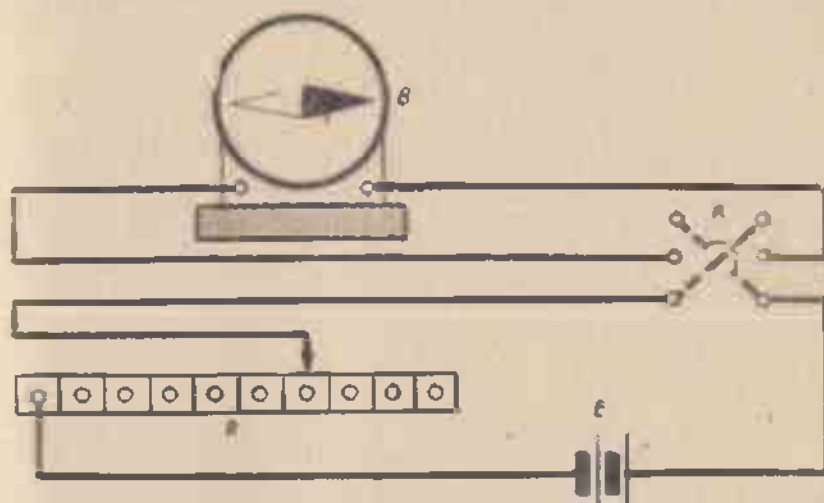
Ишнинг бажарилиши

1. Схема 108- расм буйича йиғилади.

2. Тангенсбуссолнинг урамлар текислигини тахминан магнит стрелкасининг йуналиши буйича жойлаштирилади. (Стрелкага яқин жойда темир ёки магнит буюмлар булмаслиги керак.)

3. R_1 ва R_2 қаршиликларни шундай танлаш керакки, улардан ўтган ток кучи таъсирида стрелка 30° ва 60° га бурилсин.

4. Асбобни урнатиб, унга ток юборилади ва стрелканинг иккала учининг кўрсатиши ва R_1 қаршилик ёзиб олинади.



108- расм.

5. Коммутатор ёрдамида занжирдаги токнинг йўналишини ўзгартирилади ва яна стрелканинг иккала учининг кўрсатиши ёзиб олинади.

6. Занжирга R_2 қаршилик киритиб, ток кучининг бошқа қийматида тажрибани яна такрорлаш керак.

7. Ҳамнинг радиуси r топилгандан сўнг (11) формулалар ёрдамида c ва H_0 нинг қийматлари аниқланади.

Тажрибадан олинган натижалар қуйидаги жадвалга ёзилади:

Тажриба номери	E	n	R_1	R_2	I_{G_1}	I_{G_2}	c	H_0

53- иш. Трансформаторнинг трансформациялаш коэффициентини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) реохорд, 2) зуммер (узгич), 3) кичик қаршиликли телефон, 4) трансформатор, 5) ток манбаи, 6) калит, 7) улаш учун симлар.

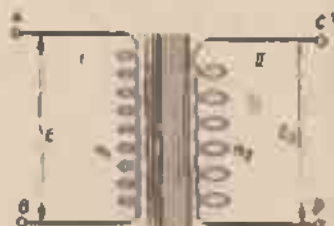
Иш тўғрисида тушунча

Трансформаторнинг трансформациялаш коэффициенти деб трансформаторнинг бирламчи чулғами учларидаги V_1 кучланишнинг иккиламчи чулғами учларидаги V_2 кучланишга бўлган нисбатига айтилади:

$$k = \frac{V_1}{V_2}$$

(1)

Агар трансформатор салт ишласа, яъни трансформатордан чикувчи токка ҳеч қандай асбоб уланмаган бўлса бу нисбат қисқичлардаги V_{AB} кучланишнинг V_{CD} кучланишга бўлган нисбатига тенг (109-расм).



109-расм.

$$k = \frac{V_{AB}}{V_{CD}}$$

(2)

V_{AB} V_{CD} кучланишларни ғалтаклардаги урамлар сонининг нисбатига тенг бўлган k орқали ёки компенсация методи билан топиш мумкин.

Зуммердан олинган ўзгарувчан ток MN реохорд ва унга параллел уланган трансформаторнинг иккиламчи CD ғалтагидан утади (110-расм).

Реохорднинг қўзғалувчан K контакти N га қанчалик яқинлаштирилса, CD ғалтақдан утаётган ток ҳам шунчалик купаяди. Буни

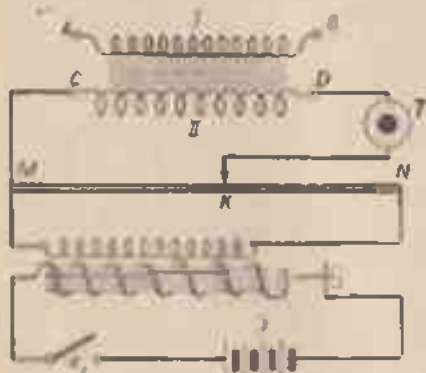
телефонда товушнинг кучайишидан билиш мумкин.

CD ғалтақдаги электр юритувчи кучдан бошқа, унга тескари йўналган электр юритувчи кучи шу ғалтақда ҳосил қилиш билан телефонда товушни йўқотиш мумкин. Бунинг учун биринчи ғалтақнинг A учини реохорднинг M учига, B учини эса реохорднинг N учига улаш керак (111-расм).

Биринчи ғалтақдан ток утганда ғалтақда индукция э. ю. к. ҳосил бўлиши туфайли иккинчи ғалтақда ҳам индукция электр

юритувчи кучи ҳосил бўлади. Буни V_{CD} билан белгилаймиз.

Ленц қонунига асосан, V_{CD} индукция электр юритувчи кучи



110-расм.

биринчи галтакдаги V_{AB} электр юритувчи кучга ва иккинчи галтакдаги V_{MK} га тесқари йуналгандир.

Контактни ҳаракатлантириб, телефонда товушнинг йўқолишига эришилганда V_{CD} ва V_{AB} лар сон жиҳатдан узаро тенг бўлиб, нуқалишлари қарама-қарши бўлади, яъни:

$$|V_{CD}| = |V_{AB}| \quad (3)$$

Назариядан маълумки:

$$V_{AB} = V_{MK} \quad (4)$$

(3) ва (4) га асосан, (2) ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$R = \frac{V_{AB}}{I_{MK}} \quad (5)$$

Ом қонунига асосан, $\frac{V_{MK}}{I_{MK}}$ нисбат шу нуқталар орасидаги

қаршиликларнинг $\frac{R_{MN}}{R_{MK}}$ нисбатига ёки реохорднинг MN ва MK қисмлари узунликларининг нисбатига тенгдир. Шунинг учун (5) ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$k = \frac{MN}{MK} \quad (6)$$

Демак, k ни аниқлашда телефонда товушнинг йўқолишига эришилгандан кейин MN ва MK ораликларни улчаб, (6) га асосан уларнинг нисбатини олиш керак экан.

Ишнинг бажарилиши

Берилган асбобларни III-расмда курсатилгандек қилиб улаш керак. Схемани раҳбар текширгандан сўнг K , калитни улаб зумерни мослаш керак. K контактни реохорд бўйича чап ва унг томонга суриб телефонда товуш тамомла йўқолмаса ҳам унинг жуда паст бўлишига эришмоқ керак.

Агар телефонда товушнинг йўқолишига ёки жуда кучсиз бўлишига эришилса, у вақтда иккинчи галтакка уланган симларнинг учларини узаро алмаштириб, тажрибани қайтадан бажариш керак.

Телефонда товушнинг йўқ ёки паст бўлишига эришилгандан кейин реохорд устидаги миллиметрли шкаладан MN ва MK ораликларини аниқлаб, (6) тенглама ёрдамида k нинг қийматини ҳисоблаб чиқариш керак.



III- расм.

54- иш. Ферромагнит металлларнинг Кюри нуқтасини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) ферромагнит металлларнинг Кюри нуқтасини топиш учун ясалган махсус қурилма, 2) термоэлементни даражалаш учун мослаб ясалган электр печка, 3) термоэлемент, 4) Дюар идиши, 5) пирометр, 6) ўзгармас ток амперметри, 7) ўзгарувчан ток амперметри, 8) микроамперметр, 9) туғрилагич, 10) реостат, 11) 0° — 360°C ли симбли термометр, 12) автотрансформатор, 13) текшириладиган ферромагнит металл, 14) ўзгармас ток манбаи, 15) ўзгарувчан ток манбаи.

Иш туғрисида назарий тушунча

Магнит майдонига ўз таъсирини курсата оладиган, яъни ташқи майдон кучланганлиги H , таъсирида қушимча H' магнит майдони кучланганлигини вужудга келтирадиган моддалар *магнетиклар* деб аталади.

Магнетиклардаги қушимча магнит майдони кучланганлигининг йуналиши ташқи магнит майдони кучланганлиги (H) нинг йуналишига туғри келиши ёки тескари йуналишда бўлиши ҳам мумкин.

Агар магнетиклардаги қушимча магнит майдонининг йуналиши H , ташқи магнит майдони йуналиши билан бир хил бўлса, бундай моддалар *парамагнетиклар* дейилади. Бу икки кучланганлик ($H_0 + H'$) нинг вектор йиғиндиси *магнит индукцияси* дейилади:

$$B = H_0 + H'. \quad (1)$$

Агар H' нинг йуналиши H , нинг йуналишига қарама-қарши бўлса, бундай моддалар *диамагнетиклар* дейилади. Демак, диамагнетиклардаги магнит индукция вектори қуйидагича бўлади:

$$B = H_0 - H'.$$

Юқорида айтилганлардан ташқари шундай магнетиклар ҳам борки, улар учун H' нинг қиймати H , нинг қийматидан жуда катта бўлади. Бундай модда *ферромагнитлар* дейилади. Темир, никель, кобальт ва уларнинг қотишмалари ферромагнит моддалар жумласига киради.

Хар қандай ферромагнит учун шундай T температура мавжудки, бу температурада модданинг ферромагнит хоссалари бутунлай йуқолади. Бу температура *Кюри нуқтаси* деб аталади. Кюри нуқтасидан юқори температураларда ферромагнит моддалар парамагнит моддаларга айланади. Турли ферромагнит моддаларнинг Кюри нуқтаси турлича бўлади.

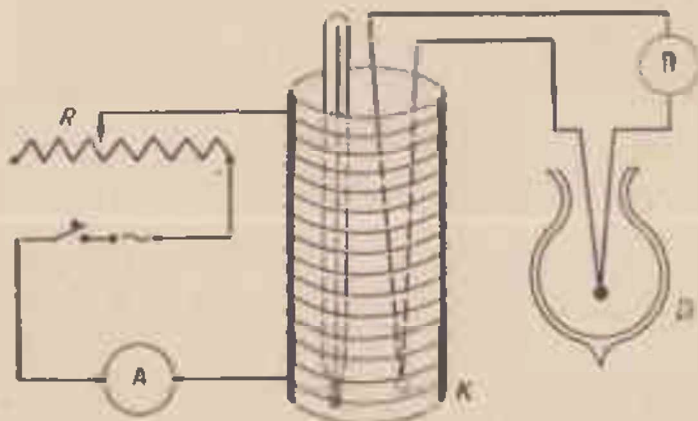
Соф темирнинг Кюри нуқтаси 769°C , никелнинг Кюри нуқтаси 358°C ва кобальтнинг Кюри нуқтаси 1140°C га тенг. Шундай ферромагнит моддалар ҳам учрадики, уларнинг Кюри нуқтаси уй температурасига туғри келади.

Кюри нуқтасини индукцион усул билан топишда термоэлемент билан ишлаш керак. Шунинг учун ҳам иш термоэлементни даражалашдан бошланади.

Термоэлементи даражалаш

Бунинг учун керакли асбоблар 112-расмда кўрсатилгандек қилиб уланади.

Термоэлемент занжирига пирометр улаб, термоэлемент пайвандларидан бирини Дюар идишидаги сув ичига, иккинчисини эса симоб термометр билан бирга шу иш учун тайёрланган электр печка-



112- расм.

сининг канали ичига жойлаштириш керак. Термоэлементиинг пайванди билан термометрнинг пастки учи (симобли уч) бир жойга қўйилади.

Сунгра электр печкани каршилиги 150 ом булган R реостат орқали шахар ёритиш тармоғига улаш керак. Печканинг қизиши билан термометрнинг симоб устуни юқори кутарилиб, пирометрнинг стрелкаси шкала буйича силжий бошлайди. Температуранинг кутарилиши жуда секинлашиб қолса, реостат ёрдамида токни ошириш керак.

Печкани иситиб турган вақт давомида термометр шкаласидан температурани ва пирометр стрелкасининг шкала буйича силжишини ёзиб бориш керак. Температура 350°C га етгандан сунг иситишни гухтатинг, олинган натижаларни қуйидаги жадвалга ёзинг.

Температура $^{\circ}\text{C}$									
Пирометр стрелкасининг силжиши									

Олинган натижалар асосида график чизилади. Бунинг учун пирометр стрелкаси курсатган сонларни координата системасининг абсциссалар уқига, термометр курсаткишлари эса ордината уқига қўйиш керак.

Эслатма: Термоэлементи симбли термометр билан 360°C гача даражаланш мумкин.

Асбобнинг тузилиши

Асбоб махсус иситгич — печкадан иборат булиб, унинг ички канали текшириладиган ферромагнит жойлаштириладиган қилиб ясалгандир. Иситиш чулғамидан ташқари печканинг сиртига яна иккита индукцион чулғам жойлаштирилган. Бу уч қават чулғамлар мармар тахтача устига вертикал ўрнатилган булиб, улар электр ва иссиқлик ўтказмайдиган материаллар билан бир-биридан изоляцияланган.

Учта чулғамнинг олғита учи мармар тахтачадаги олғита клеммага маҳкамланган.

Иситгич чулғамнинг клеммалари 30 ом ли реостат ва ўзгармас ток амперметри орқали 110 в ли ўзгармас ток манбаига уланади. Бирламчи индукцион чулғам уланган асбобнинг клеммалари ўзгарувчан ток амперметри орқали автотрансформаторга уланган. Автотрансформатор эса шаҳар гармогига уланади. Асбобнинг бирламчи индукцион чулғами 4а ток кучига мўлжалланиб ясалган. Асбобнинг иккиламчи индукцион чулғам уланган клеммалари иккита ярим даврли мис (I)-оксид туғрилагич орқали магнитозлектр системасидаги микроамперметрга уланади. Микроамперметр иккиламчи индукцион ғалтакда ҳосил бўлган индукцион токни курсатади.

Ишнинг бажарилиши

Керакли асбоблар 113-расмда тасвирланган схема бўйича уланади.

1. Текшириладиган ферромагнит металл асбобнинг каналига жойлаштирилади.

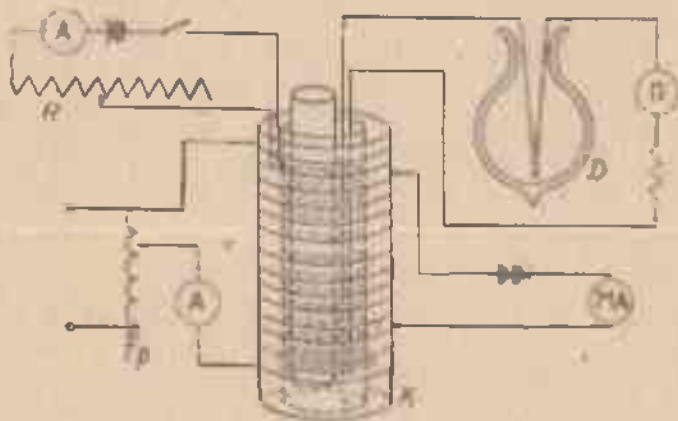
2. Бирламчи индукцион чулғам реостат ва ўзгарувчан ток амперметри орқали T_r автотрансформаторга уланади.

3. Иккиламчи индукцион чулғам купрокс туғрилагич орқали микроамперметрга уланади.

4. Суугра автотрансформаторни нолга қўйиб, уни шаҳар гармогига улаш керак. Автотрансформатор дастасини бураб кучланишни ошириш билан бирламчи индукцион чулғамдаги токнинг кучи ҳам оша боради. Бунинг ўзгарувчан ток амперметри курсатиб туради. Шу билан бирга, иккиламчи индукцион чулғамда ҳам индукцион ток ҳосил булиб, микроамперметрининг стрелкаси силжий бошлайди. Микроамперметрининг стрелкаси 500 ма ни курсатгунча бирламчи

индукцион ғалтакдаги ток кучини ошира бориш лозим. Сунгра шу занжирдаги узгарувчан ток амперметрининг курсатишини қайд қилиш керак.

Тажирибанинг охирига қадар бирламчи чулғамдаги ток кучини узгармас ҳолда сақлаш керак.



113-рисунок

Сунгра текшириладиган ферромагнит материал асбобнинг каналидан чиқариб олинса, иккиламчи чулғамдаги индукцион токнинг кучи камаяди. Натижада микроамперметрнинг стрелкаси орқага ҳайтиб, олдингига нисбатан озрок ток кучини курсатади.

Термоэлемент занжирига пирометрни улаб, унинг бир пайвандини термосдаги сувга, иккинчи пайвандини намуна билан бирга асбобнинг каналига жойлаштирилади.

Текшириладиган ферромагнит металл (намуна) яна асбоб каналига уратиб, иситувчи чулғам 30 ом ли реостат ва 3а гача ўлчайдиган узгармас ток амперметри орқали 110 в ли узгармас ток манбаига уланади. Реостат орқали иситувчи чулғамга 2а ток юбориб, асбобнинг печкаси иситилади. Печканинг исини билан асбоб каналига жойлаштирилган намуна ҳам исий бошлайди.

Унинг температурасини пирометрга караб термоэлементнинг даражалаш графиги ёрдамида кузатиб туриш керак.

Намунанинг температураси Кюри нуктасига яқинлашган сари микроамперметрнинг стрелкаси орқага қайта боради. Ниҳоят, маълум бир температурага етгандан кейин, микроамперметр текшириладиган ферромагнит модда асбоб каналидан олингандаги ток кучини курсатади. Бу вақтда текшириладиган ферромагнит моддани асбоб каналига киргизиш ёки олиш билан иккиламчи чулғамдаги индукцион токнинг кучи узгармайди.

Шу температура текширилаётган ферромагнит модданинг Кюри нуқтаси булади.

Тажрибани уч. турт марта такрорлаб, Кюри нуқтасининг уртача қиймати чиқарилади.

Эслатма. Текшириладиган ферромагнит модда сифатида никелин олиш тавсия этилади, чунки унинг Кюри нуқтаси паст.

55-иш. Катод осциллографи билан ишлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) катод осциллографи, 2) товуш генератори, 3) автотрансформатор (ЛАТР—1), 4) 150 вольтга мулжалланган узгарувчан ток вольтметри, 5) асбобларни бир-бириса улаш учун ишлатиладиган смилар.

Иш туғрисида тушунча

Катод осциллографи ёрдами билан қуйндаги ишларни бажариш мумкин: 1) даврий процессларнинг эгри чизигини кузатиш, 2) юқори частотали кучланишларни кузатиш, 3) кучланишларни улчаш, 4) модуляция процессларини кузатиш, 5) тебраниш частоталарини улчаш, 6) кичик вақт ораликларини улчаш, 7) икки ток фазаларини, икки кучланиш фазаларини ёки ток билан кучланиш фазаларини таққослаб куриш, 8) икки ток ёки икки кучланиш амплитудаларини таққослаб куриш ва ҳоказо. Демак, осциллограф ёрдамида электр булмаган миқдорларни ҳам электр усуллари билан урганиш ва улчаш мумкин.

Катод осциллографининг асосий қисмлари электрон-нур трубкаси, оғдирувчи пластинкалар учун кучайтиргичлар, ёйиш генератори ва туғрилагичдан иборат.

Электрон-нурни фокуслаши ва оғдиришига қараб электрон-нур трубкалари икки турга бўлинади: 1) электростатик трубкалар, 2) магнит трубкалари.

Биринчи турдаги трубкаларда нурни фокуслаш ва оғдириш учун электр майдонидан, иккинчи турдаги трубкаларда эса бу мақсадда магнит майдонидан фойдаланилади.

Электрон-нур трубкалари улчаш мақсадларида, автоматика ва телемеханика қурилмаларида технологик процессларни контрол қилишда ҳамда телевидение ва радиолокацияда кенг қўлланилади.

Нур иккита электрон линза ёрдамида фокусланади. Вакуумли электростатик электрон-нур трубкасининг тузилиши билан танишиб чиқамиз.

114-расмда электрон-нур трубкасининг схематик тузилиши кўрсатилган. У асосан электрон тупи, узаро тик жойлашган иккита оғдирувчи пластинкалар ва флюоресценцияланувчи экрандан иборатдир.

Трубканинг бошқа деталлари расм остидаги ёзувда курсатилган. Электрон тупи деб, трубканинг электрон дастасини берадиган қисмига айтилади; 114-расмда у пунктир билан ажратиб курсатилган.



114-расм. Электростатик электрон-77 трубки:

1 — қиздиригич, 2 — катод, 3 — электрон тўли (пунктир ичига олинган), 4 — эмиссияловчи сирт, 5 — фокусловчи цилиндр, 6 — биринчи (фокусловчи) анод, 7 — иккинчи анод, 8 — горизонтал оғдирувчи пластинкалар, 9 — вертикал оғдирувчи пластинкалар, 10 — флюоресценцияланувчи экран, 11 — фокус бошқармаси, 12 — равшанлик бошқармаси.

Трубканинг бу қисми электронлар манбаи булган билвосита чуқланувчи катод, вақт бирлиги ичида чиқувчи электронлар сонини (экрандаги ёруғ доғ равшанлигини) бошқарадиган фокусловчи цилиндр, биринчи (фокусловчи) анод ва иккинчи (тезлатувчи) аноддан иборатдир. Биринчи ва иккинчи анодларга берилган кучланиш электронларни тезлатади ва уларни ингичка даста (шуъла) қилиб йиғади.

Катоднинг ясси сирти оксид билан қопланган булиб, уни чуқланувчи тола қиздиради. Катоддан учиб чиққан электронларнинг кўпчилиги катод ва фокусловчи цилиндр орасидаги электр майдони таъсирида трубканинг уки буйича юборилади. Тўғри ҳаракат йўналишинини олган электронлар фокусловчи цилиндрдаги тешиктан утиб кетади. Сунгра катодда, бошқарувчи турда ва биринчи анодда кучланишлар ҳосил булиши туфайли электр майдони таъсири билан биринчи анод яқинидаги *A* нуқтада электронлар йиғилади. Биринчи анод ичидаги майдон кучланганлиги нолга яқин булганлигидан электронлар *A* нуқтадан утгандан кейин ёйилади. Биринчи ва иккинчи анодлар орасидаги соҳада майдон электронлар траекториясини яна эгиб, уларни трубка ўқиға яқинлаштиради. Шундай қилиб,

биринчи ва иккинчи анодлар орасидаги майдондан ўтган электронлар B нуқтада фокусланади (йиғилади). Агар B нуқта экран юзида ётса, электрон дастаси (шуъласи) фокусланган бўлади.

Биринчи ва иккинчи анодлар ичидаги тусиқлар фокусланиш шартини қаноатлантирмайдиган электронларни тутиб қолиш учун қўйилган. Трубканинг экрани унинг ички томонига суркалган флюоресценцияловчи модда катламида иборатдир. Флюоресценцияловчи моддалар сифатида рух оксиди, бериллийли рухдан, рух сульфат билан кадмий сульфат аралашмаси ишлатилади. Экраннинг электронлар тушган нуқтаси нурланади. Экранга суркалган модданинг таркибига қараб доғ оқ, яшил ёки кук рангли булиши мумкин.

Электрон зарбидан сўнг экраннинг ёруғлик чиқариши секунднинг бир неча улушларича вақт давом этади. Агар трубканинг горизонтал ва вертикал огдирувчи пластинкаларига бирор кучланиш берилса, у ҳолда экрандаги ёруғ доғ оғади.

Бу оғишнинг катталиги пластинкалар орасидаги кучланишга тўғри пропорционалдир. Агар 8 вертикал пластинкаларга ёйиш генераторидан кучланиш берилса, экрандаги ёруғ доғ горизонтал ҳаракат қилади. Агар 9 горизонтал пластинкаларга кучланиш берилса, ёруғ доғ экран бўйлаб вертикал ҳаракат қилади. Шундай қилиб, иккала жуфт огдирувчи пластинкалардаги кучланишларни бир вақтда ўзгартириб, ёруғ доғни исталган йуналишда силжитиш мумкин.

Агар ёйиш генераторининг даври текширилаётган кучланиш даврига тенг ёки қаррали бўлса, манзара ёйиш даври ичида тула такрорланади ва экрандаги тасвир ҳаракатсиз (қўзғалмас) бўлади.

Биз электрон-нурнинг электростатик майдонда қандай оғишини билган ҳолда энди трубкада электрон-нурни магнит ёрдамида огдириш принципини (аслида электрон-нур трубкасининг иккинчи турини) қараб чиқишга ўтамиз. Магнит огдиришли бундай трубкалар телесвидениеда кўп қўлланилади. Шу билан бирга уларда магнит воситасида фокуслашдан ҳам фойдаланилади. Ҳозирги замон электрон-нур трубкалари кўпчилигининг охириги (экранга энг яқин) аноди 3000—6000 в ли кучланишда ишлайди. Бироқ, кейинги вақтларда 1500 в ва ундан паст кучланишларда ишлайдиган трубкалар ҳам ишлаб чиқарилган. Фокусловчи анодга одатда охириги анод кучланишининг $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ қисми чамасидаги кучланиш берилади. Агар иккинчи анод фокусловчи анод бўлса, у ҳолда биринчи анодга охириги анод кучланишининг $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ қисми чамасида кучланиш берилади. Бош-

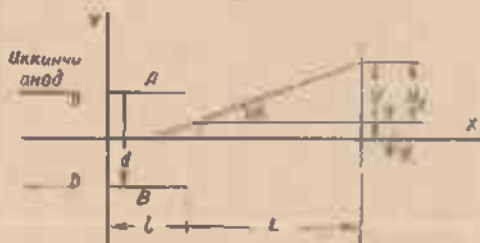
қарувчи электрод (тур) га одатда охириги аноддаги кучланишининг $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ қисми чамасидаги манфий кучланиш берилади. Электрон-нур трубкасидаги анод токи 0,5 ма дан ошмайди. Огдирувчи пластинкалардаги 1 в кучланиш таъсирида экрандаги доғнинг миллиметр-

лар ҳисобида олинган оғишига трубканинг кучланиш сезгирлиги дейилади ва J ҳарфи билан белгиланади.

Сезгирлик билан трубканинг параметрлари орасидаги боғланишни аниқлаймиз.

Бошқарувчи пластинкалар параллел, электр майдони бир жинсли ва пластинкалар текислигига перпендикуляр деб фараз қилайлик.

115-расмда l — пластинкаларнинг сантиметр ҳисобида олинган узунлиги, d — пластинкалар орасидаги масофа, L — пластинкалар охиридан экранга қадар булган масофа, V — иккинчи аноднинг катодга нисбатан потенциали, V_0 — оғдирувчи A ва B пластинкалар орасидаги потенциаллар фарқи булсин. У ҳолда пластинкалар орасидаги соҳада электрон y уқи бўйича текис тезланувчан ҳаракат қилади ва унинг пластинкалар орасидаги соҳадан чиқиш пайтидаги y_1 силжиши:



115-расм.

$$y_1 = \frac{at^2}{2} \quad (1)$$

тезланиши эса:

$$a = \frac{eE}{m} = \frac{eV_0}{md} \quad (2)$$

Бу ердаги e — электроннинг заряди ва m — электроннинг массаси, E — пластинкалар орасидаги электр майдонининг кучланганлиги, t_1 — электроннинг пластинкалар орасидан ўтишига кетадиган вақт, у қуйидаги ифодадан топилади:

$$t_1 = \frac{L}{v_x} \quad (3)$$

бунда v_x — электрон тезлигининг горизонтал ташкил этувчиси. Электрон тезлигининг бу ташкил этувчиси қуйидаги шартдан топилади:

$$\frac{mv_x^2}{2} = eV_0$$

бундан

$$v_x = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}} \quad (4)$$

a тезланиш ва t_1 вақтнинг (2) ва (3) ифодаларини (1) га қўйсак, қуйидагини оламиз:

$$y_1 = \frac{e^2 V_0}{2md} \cdot \frac{L^2}{v_x^2} \quad (5)$$

Пластинкалардан ташқари соҳадаги u_1 оғишини

$$u_1 = \frac{eV_d}{2} \quad (6)$$

куринишда ёзиш мумкин, бундаги eV_d — пластинкалар орасидаги соҳадан чиқишидаги тезлигининг q уқи буйича олинган ташкил этувчиси. Тезлиكنинг бу ташкил этувчиси:

$$v_1 = \frac{eV_d}{m}.$$

Электроннинг L масофани утишга кетадиган вақти

$$t_1 = \frac{L}{v_1}$$

a , t_1 ва t_2 ларнинг қийматларини (6) формулага қўйиб, тубандаги формулани оламиз:

$$y_2 = \frac{eV_d L}{2m} \quad (7)$$

Энди электроннинг тулиқ $y = y_1 + y_2$ оғишини қуйидаги куринишда ёзамиз:

$$y = \frac{eV_d L}{2m} \left(\frac{1}{2} + 1 \right) = \frac{eV_d L}{m}.$$

Бу тенгламадаги y уринга унинг (4) даги қийматини қўямиз:

$$y = \frac{V_d L}{2m} \quad (8)$$

Таърифига кура, сезгирлик J :

$$J = \frac{y}{L} \quad (9)$$

Бунга y нинг (8) ифодасини қўямиз:

$$J = \frac{y}{L} = \frac{eV_d}{2m}.$$

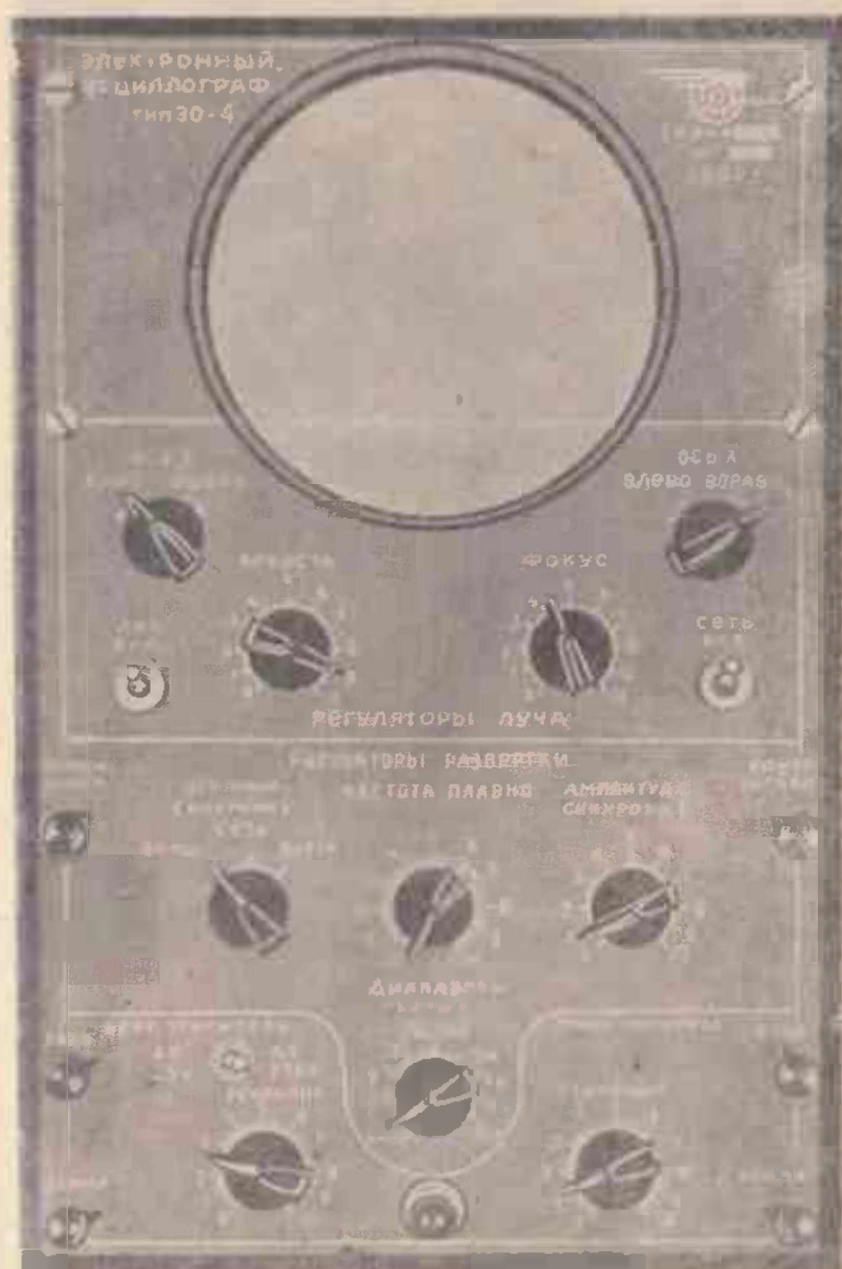
Бу ифодадан куринадики, сезгирлик пластинкаларнинг узунлигига, пластинкалардан экрангача булган масофага ва иккинчи аноддаги кучланишга боғлиқ.

Ишнинг бажарилиши

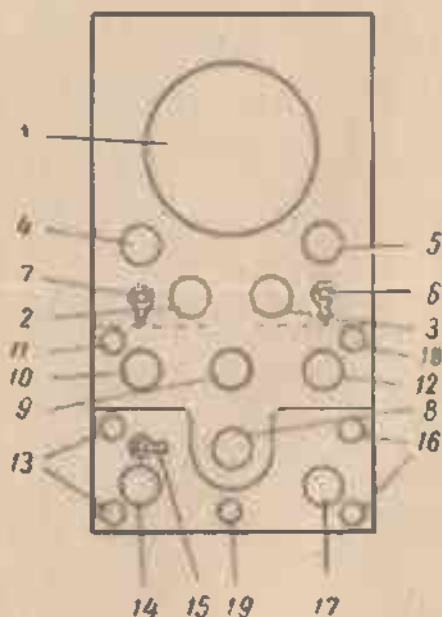
Ишни осциллографни бошқаришни урганишдан бошлаймиз. Бунинг учун лабораторияларда энг кўп ишлатиладиган ЭО-4 типидagi электрон осциллографни бошқариш билан танишамиз. Шу осциллографнинг бошқариш дасталари шассининг олдинги панелига чиқариб қўйилган.

Панель ва унинг схемасининг умумий куриниши 116 ва 117-расмларда тасвирланган булиб, панельга чиқарилган деталлар рақамлар билан белгиланган.

Бу расмдаги рақамларни изоҳлаб утамиз: 1 — трубка экрани, текширилаётган кучланиш амплитудасини топиш учун экранга тур уриптилган, унинг ҳар бир катаги 2 ёки 5 мм, 2 — трубка экрандаги тасвир



равшанлигини бошқарувчи даста, 3 — нурий фокуслаш дастаси, 4 — нурий y ўқи бўйича силжитиш дастаси, 5 — нурий x ўқи бўйича силжитиш дастаси, 6 — асбобни тармоққа улаш тумблери, 7 — электрон-нурий бериш тумблери (электрон-нур осциллографни ток манбаига ула-



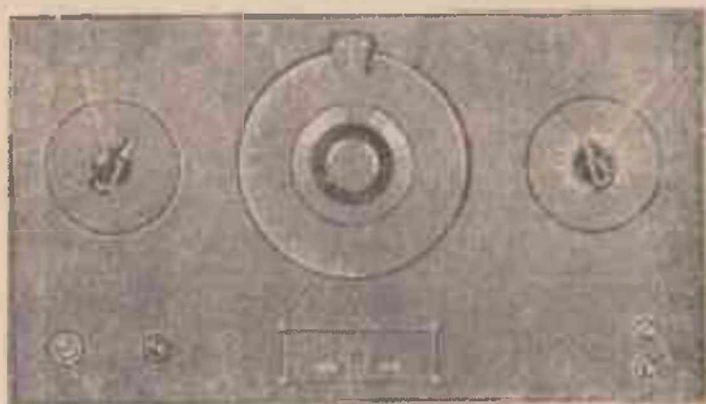
117- расм.

ёйиш генератори занжиридаги ички синхронлаш манбаининг) переключателдир. 11 даста ташқи синхроплашнинг кириш клеммаси, 12 даста синхронлашнинг барча усуллари учун синхронловчи кучланиш амплитудасини ўзгартиради. 13 дан 19 гача бўлган деталлар кучайтиришни бошқариш учун хизмат қилади. 13 — текшириладиган кучланишнинг вертикал оғдирувчи пластинкаларга кучайтиргич орқали кириш клеммаси. 14 — кучланиш кучайтиргичининг киришидаги бошқарув дастаси. 15 — кучланиш кучайтиргичининг 25 в эфф. гача ва 250 в эфф. гача киришларига узатувчи переключатели. 16 — текшириладиган кучланишнинг горизонтал оғдирувчи пластинкаларга кучайтиргич орқали кириш клеммаси. 17 — кучланиш кучайтиргичининг киришидаги бошқарув дастаси. 18 — частотаси 50 μ ва амплитудаси 2,5 в га яқин бўлган назорат сигнал клеммаси. 19 — индикатор лампочка.

Заводда тайёрланган осциллографлар электрон-нур трубкаларининг оғдирувчи пластинкаларидан бевосита чиққан учлар асбобнинг орқа ёки ён панелларига жойлаштирилади.

Ўзгарувчан кучланиш манбалари сифатида товуш генераторидан ва тармоқнинг 120 в кучланишидан фойдаланилади. Тармоқ кучланишининг катталиги ЛАТР- I автотрансформатори билан ростланади.

ГЗ-1 товуш генератори панелининг умумий курилиши 118-расмда келтирилган.



118- расм.

Товуш генераторининг асосий қисмлари:

1) диапазон переключатели, 2) частота шкаласи, 3) потенциометр, 4) ток тармоғига улаш клеммалари, 5) чиқиш кучланиши.

Частоталар шкаласи бевосита герц ҳисобида даражаланган. Шкала курсатган сонларни диапазонлар переключателидаги сонга купайтириш лозим. Генераторнинг чиқиш кучланиши чиқиш клеммаларидан олиниб, потенциометр дастаси ёрдамида бошқарилади. Асбоб 120 в ли ўзгарувчан ток тармоғига уланади.

Ў л ч а ш

1- машқ

Осциллографни тармоққа уламасдан олдин 114-расмга қараб электрон-нур трубкасининг тузилиши билан ва 117-расмга қараб бошқариш дасталарининг вазифалари билан танишиб чиқинг. Бошқариш панелини дафтарингизга чизиб олинг. Шундан кейин осциллографни тармоққа улаб, нур ҳосил булишини текшириб куринг.

2- машқ

Трубканинг горизонтал пластинкалари системасининг сезгирлигини аниқланг. Бунинг учун ёйиш генератори узилгани ҳолда горизонтал пластинкаларга ЛАТР- I автотрансформатори орқали тармоқдан кучланиш берилди. Берилаётган кучланиш вольтметр би-

лан улчанади. У 45 — 50 в дан ошмаслиги керак. Трубканинг сез-
гирлиги

$$I = \frac{Z}{1 + 2V}$$

формула ёрдамида ҳисобланади, бунда Z — трубка экранидаги ёруғ
чизиқнинг миллиметрларда улчанган узунлиги, V — трубканинг го-
ризонтал пластинкаларига бериладиган кучланиш бўлиб, унинг кат-
талиги узгарувчан ток вольтметри ёрдамида улчанади.

3- машқ

Товуш частотали генераторнинг чиқиш кучланишини осцилло-
графнинг горизонтал пластинкаларига (осциллографнинг вертикал
киришига) уланг. Трубканинг сезгирлигини билган ҳолда товуш
частотали генератор чиқишидаги кучланишнинг частота 20, 200,
800, 2000, 6000, 10000 ва 15000 гц булгандаги максимал ампли-
тудасини топинг. Осциллографнинг киришида қаршилиқ кам экан-
лигини билган ҳолда (осциллографга бериладиган сигнал кучайтир-
гичи йуқ) товуш частотали кучланиш амплитудаси қандай частотада
пасая боришини аниқланг.

4- машқ

Ёйиш генераторини узиб қуйиб, тарик (ЛАТР-1 орқали бери-
ладиган) кучланишдан ва товуш генераторидан фойдаланган ҳолда
частоталарнинг 1:1, 1:2, 1:3 ва 1:5 нисбатлари учун турғун
узгармас Лиссажу фигураларини ҳосил қилинг ва чизиб олинг.

Осциллографга бериладиган кучланишлар 50 в дан ошмасян.

Эҳтиёткорлик чоралари:

1. Осциллограф 900 в кучланишда ишлаши сабабли, лаборато-
рия раҳбари схемани текширмасдан олдин студентларнинг иш бош-
лаши таққиқланади.

2. Ток берилгандан кейин изоляцияси булмаган сим ва кон-
тактларга қўл тегизиш ярамайди, чунки уларда хавфли юқори куч-
ланиш булади.

3. Трубка экрани бузилиб қолмаслиги учун ёйиш генераторини
узоқ вақт узиб қуйиш ва экрандаги ёруғ доғни узоқ вақт жуда
равшан қилиб туриш ярамайди.

4. Факат горизонтал пластинкаларнинг сезгирлигини аниқлаш
лозим.

56- иш. Кенотрон тўғрилагични урганиш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) кенотрон тўғрилагич, 2) элек-
трон лампа, 3) потенциометр, 4) қаршилиқ магазини, 5) узгармас ва узгарувчан
ток манбаи, 6) узгармас ва узгарувчан ток вольтметрлари, 7) кенотрон характе-
ристикаси, 8) осциллограф.

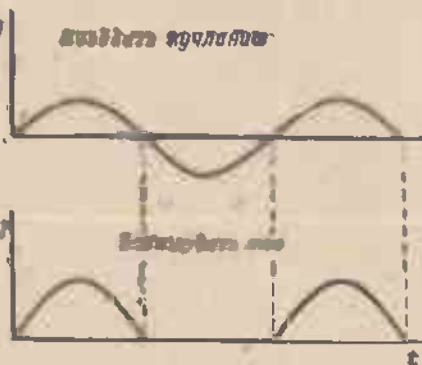
Қисқача назарияси

Ўзгарувчан токни ўзгармас токка айлантирадиган асбоб *туғрилагич* дейилади. Ўзгарувчан токни туғрилашда электрон лампа ишлатадиган туғрилагичлар лампали (кенотрон) туғрилагич дейилади. Бундай туғрилагичнинг ишлаши икки электродли лампанинг бир томонлама ўтказувчанлик хоссасига асосланади. Лампали туғрилагичлар радиоприёмниклар, телевизорлар ва бошқа купгина у электр-радио қурилмаларида куп ишлатилади.

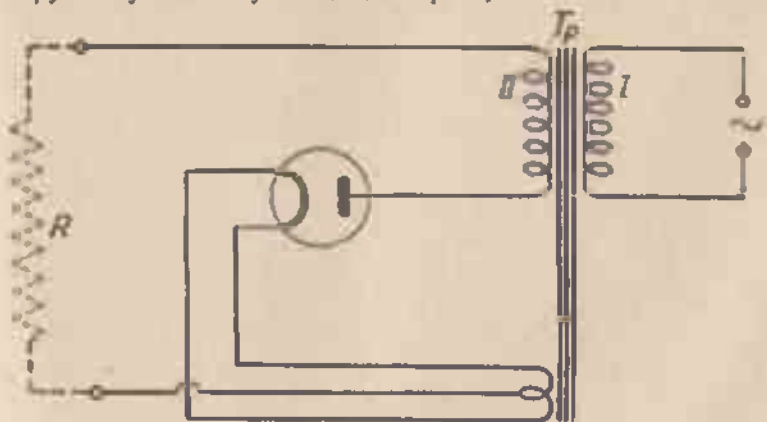
Кенотрон туғрилагич икки электродли электрон лампадан иборат. Маълумки, электр токи бундай лампалардан ўтганда бир томонга, яъни аноддан катодга томон йўналган бўлади. Тескари томонга кенотрондан ток ўтмайди. Шунинг учун кенотрон ўзгарувчан ток занжирига кетмакет уланса, у ҳолда ток фақат кенотрон анодида қучланишининг плюси, катодида эса минуси бўлган ярим даврлар ичидагина ўтади.

Демак, кенотронли занжирда ток фақат бир томонга ўтади, аммо ток кучи ўзгариб туради. Бундай ток *пульсантирчиш ток* дейилади (119- расм). Ўзгарувчан токни туғрилагич лампа ёрдамида битта ярим даврли схема билан ҳам, иккитта ярим даврли схема билан ҳам туғрилаш мумкин.

Одатда кенотрон трансформаторнинг иккиламчи чулғамига уланади ва чулғантиргичи бўлса, шу трансформаторнинг қушимча пазайтирувчи чулғамига уланади (120- расм).



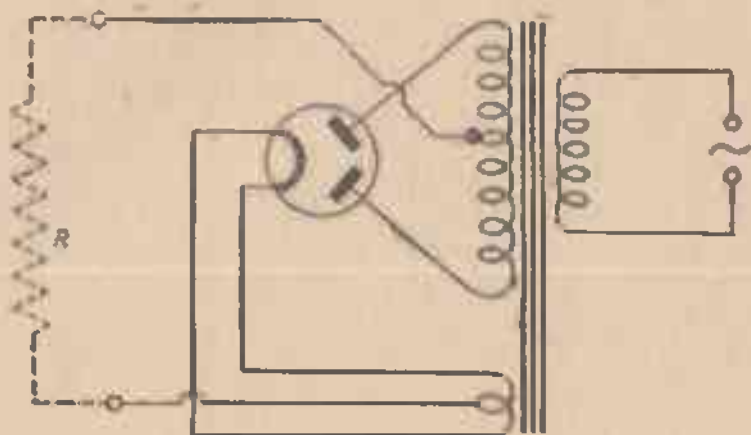
119- расм.



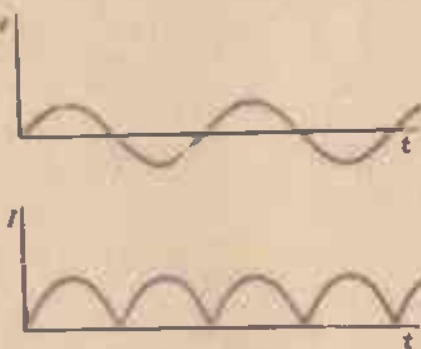
120- расм.

Ўзгарувчан кучланишнинг ҳар иккала ярим давридан фойдаланиш учун икки анодли электрон лампадан фойдаланилади (121-расм).

Бу ҳолда, кенотрондан ўзгарувчан ток ҳар иккала ярим даврида утади, чунки ҳамма вақт икки аноддан биттаси мусбат бўлади. Ток кучининг миқдори юқорида айтиб ўтганимиздек, ўзгариб



121- расм.



122- расм.

туради, яъни у пульсланган бўлади (122-расм). Лекин пульсланган токни радиоприёмникларга қўллаш яраманди. Шунинг учун уни текислаш керак. Текислаш учун текисловчи филтърлардан фойдаланиш мумкин. Текисловчи филтър узиндукция галтаклари ва сифимлардан иборат бўлади (123- расм).

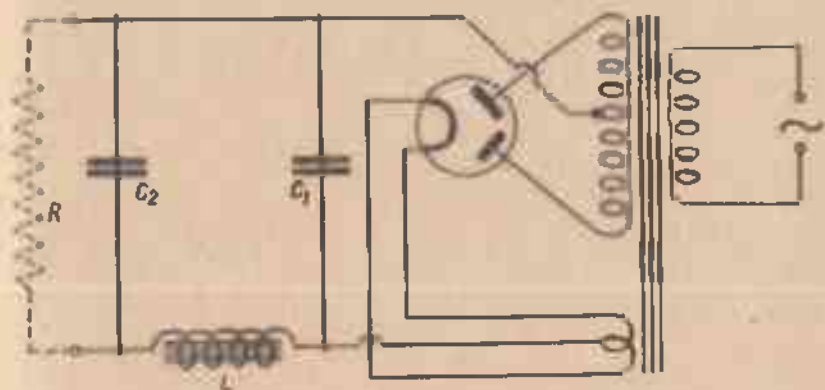
Филтър булган вақтда кенотрондан ўтган токнинг графиги юқоридаги графикдан фарқ қилади. Богуславский ва Ленгмюр-

лар пазарий равишда икки электродли лампадан ўтган ток кучининг кучланишига боғлиқлиги қуйидагича бўлишини аниқладилар:

$$I_a = AV_n^2$$

бундаги A — катоднинг температурасига боғлиқ бўлмаган доимий миқдор бўлиб, электродларнинг улчами ва шаклини характерлайди. V_n — кенотрон электродларидаги кучланиш. Бу қонун учдан икки қонуни дейилади.

Кенотрондан утаётган ток туйингунга кадар бу қонун кучини сақлайди. Ток туйингандан кейин лампанинг туғрилаш хусусияти йуқолади, чунки бу ҳолда анод юзига электронларнинг урилишлари натижасида иккиламчи термоэлектрон эмиссияси руй бериб, аноднинг ишдан чиқишига сабаб бўлади.



123- расм.

ифодаловчи график кенотроннинг характеристикаси дейилади. Бу характеристика кучланишнинг баъзи мусбат қийматлари учун туғри чизиқ бўлади.

Кенотрон характеристикаси кенотрон параметрлари ҳақида тулиқ маълумот беради.

Характеристиканинг тиклиги кенотроннинг асосий параметрларидан бири бўлади:

$$S = \frac{dI_a}{dV_a}$$

Бу характеристикани туғри чизиққа яқин деб қабул қилсак:

$$S = \frac{I_a}{V_a} \quad (1)$$

Характеристика тиклигининг ўлчов бирлиги — утказувчанлик ўлчов бирлиги бўлиб, қиялик қанча катта бўлса, кенотрон шунча яхши бўлади. Характеристика тиклигининг тескари қиймати:

$$S^{-1} = \frac{V_a}{I_a}$$

кенотроннинг ички қаршилиги дейилади. Агар ташқи занжирдаги R қаршилиқ кенотрон билан кетма-кет уланган бўлса, унинг фойдали иш коэффициенти қуйидагича бўлади:

$$\eta = \frac{I_a R}{I_a R + R_0} = \frac{R}{R + R_0} \quad (2)$$

(2) формуладан маълумки, R нинг ортиши билан η ортади. Лекин R миқдори R_1 дан ортиб кетса, туғрилагичнинг қуввати камаяди. $R = R_1$ бўлганда қувват максимал қийматга эга бўлади.

Туғриланган кучланиш трансформатордаги кучланиш ва лампа ичидаги потенциал тушувининг фарқидан иборатдир. Туғрилагичнинг ички қаршилиги кенотроннинг ўз қаршилиги билан филтр дросселлари қаршилигининг йиғиндисига тенг.

122- расмда тасвирланган ҳол учун анод кучланишининг уртача қиймати:

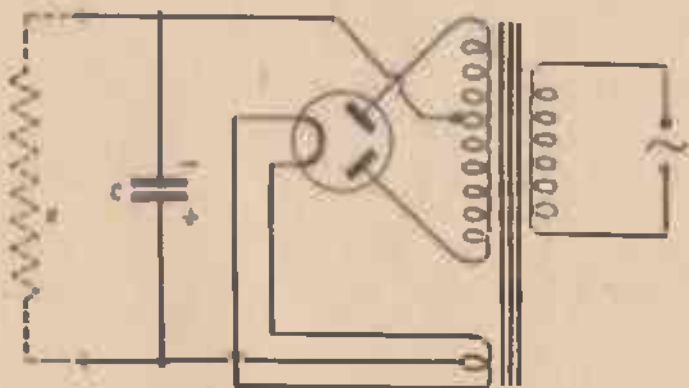
$$V_{\text{анод}} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} E_m \sin x dx = \frac{2}{\pi} E_m \quad (3)$$

бўлади. Бунда E_m — ярим синусоидаларнинг амплитудаси. Агар анод занжиридаги пульсланувчи кучланиш чизигини Фурье каторига ёйиб, қаторнинг биринчи ҳадларинигина олсак, у вақтда кучланишнинг оний қиймати қуйидагича бўлади:

$$e = \frac{2}{\pi} E_m - \frac{4}{3\pi} E_m \cos 2\omega t - \frac{4}{15\pi} E_m \cos 4\omega t. \quad (4)$$

Шундай қилиб, кучланишнинг доимий $V_{\text{анод}}$ ташкил этувчисидан ташқари энг катта амплитудаси $\frac{4}{3\pi} E_m$ ва частотаси 2ω бўлган ўзгарувчан ташкил этувчиси ҳам бор экан. Бу ташкил этувчи радио-приёмниклардан гувиллаган ёқимсиз товуш чиқишига сабаб бўлади. Филтрлар ёрдамида бу ўзгарувчан ташкил этувчининг амплитудасини камайтириш мумкин.

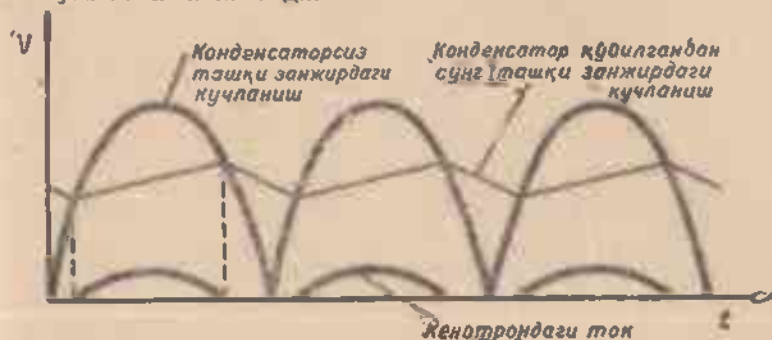
Филтрининг ишини тушунтириш учун ташқи зан кирга шунт сифатида уланган конденсаторни қараб чиқайлик (124- расм).



124- расм.

Равшанки, кенотрондан ток утаётган вақтда конденсатор зарядланади, бошқа вақтда разрядланади. Натижада, ташқи занжирдаги кучланиш салгина пульсланган бўлади (125- расм).

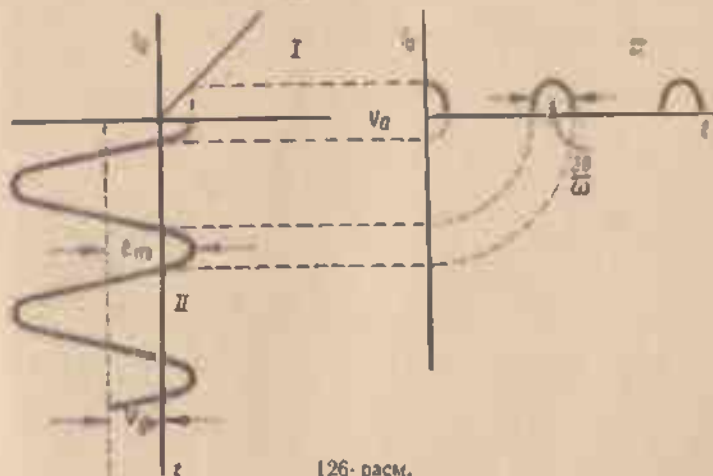
Агар занжирга иккинчи конденсаторни уласак, тўғриланган токнинг пульсланиши камаяди.



125- расм.

Фильтр конденсаторидаги кучланишнинг йуналиши трансформатор кучланишининг йуналишига тескари бўлади. Шунинг учун ток кенотрондан ҳамма вақт ҳам утавсрмайди. Трансформатор кучланишининг оний қиймати конденсатор кучланишидан катта бўлган пайтда кенотрондан ток ўтади.

Агар конденсатордаги кучланиш пульсланмайди ва у тўғриланган кучланишнинг доимий V_a ташкил этувчисига тенг бўлади деб ҳисобласак, у ҳолда токнинг кенотрон орқали утишини қуйидаги эгри чизик билан ифодалаш мумкин (126- расм).



126- расм.

Бу расмда бирдай масштабда уқлар буйича учта график тасвирланган: I — кенотрон характеристикаси, II — кенотрондаги кучланишнинг вақтга боғланиш графиги, III — кенотрондан утувчи токнинг вақтга боғланиш графиги. II график косинусоида бўлиб, конденсатордаги кучланиш катталигича силжиган. III график дастлабки икки графикдан ҳосил булган.

Бу графикдан куринадики, кенотрондан утган I_0 ток кесик косинусоидадан иборат бўлиб, қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$I_0 = SE_m (\cos \theta - \cos \theta).$$

Бунда S — характеристиканинг тиклиги, θ — токнинг кенотрондан тула утиш вақтига мос келадиган бурчакнинг ярмига тенг булган кесик бурчаги. Бу ҳолда $I_0 > 0$ деб олинади.

Трансформатордаги ва конденсатордаги кучланишлар бир-бирига тенг булганида токнинг тухташи сабабли,

$$V_m = E_m \cos \theta$$

булади. $t = 0$ булганда I_0 максимум булади, яъни:

$$I_{\max} = SE_m (1 - \cos \theta).$$

Туғрилагичдан утган токнинг ўртача қиймати қуйидаги формуладан топилади:

$$I_{\text{орт}} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\theta} I_0 \sin(\omega t) dt = \frac{2}{\pi} \int_0^{\theta} I_0 \sin(\omega t) dt$$

$$I_{\text{орт}} = \frac{2SE_m}{\pi} (\sin \theta - \theta \cos \theta).$$

Токнинг ўртача қийматини туғрилагичдаги миллиамперметр кўрсатади. Конденсатордаги кучланишни катта қаршиликли ўзгармас ток вольтметри билан ўлчаш мумкин.

(8) ни (6) га бўлиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\frac{I_{\text{орт}}}{V_m} = \frac{2S}{\pi} (\tan \theta - \theta).$$

(9) формуладан кесиш бурчаги θ ни топиш мумкин, чунки S ни асбобга қўшиб берилган графикдан билиш мумкин.

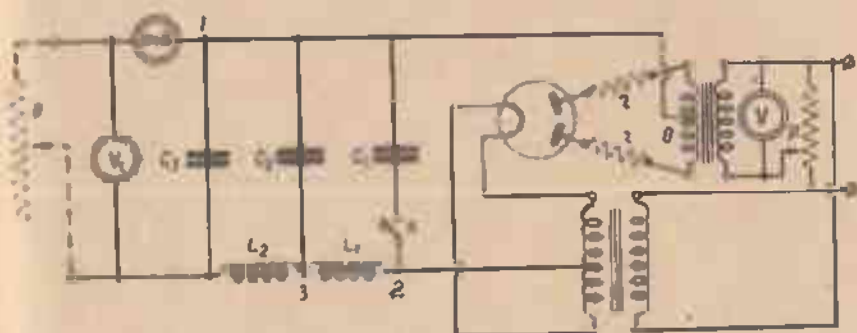
Асбобнинг тузилиши

Бу вазифада ўрганиладиган туғрилагич иккита ярим даврли, бир фазали ток кенотрон туғрилагичидан иборатдир. Асбобнинг муҳимлиги шундаки, унда тола чуғланишини ўзгартмаган ҳолда асосий трансформаторнинг бирламчи занжиридаги кучланишни ўзгартира олиш имконини берувчи алоҳида пасайтирувчи трансформатор

бор, пасайтирувчи трансформатор катоднинг чуғланиш толасига кучланиш беради.

Асбоб 127- расмда тасвирланган схема буйича йиғилади.

Агар схемадаги сифимлар ўрнида электролитик конденсаторлар ишлатилса, уларнинг қутбларини билиб улаш зарур, чунки қутблар потугри уланса, бу конденсаторлар ишдан чиқиб қолади.



127- расм.

Т-мани. Тўғрилагичдан олинган кучланишнинг тўғриланган ток кучига боғланишини текшириш

Потенциометрнинг P контакти ёрдамида трансформатордаги кучланишни 110 в га келтириш керак.

R қаршилиқнинг бир неча қийматларига тўғри келган кучланишни вольтметрдан, тўғриланган кучланиш ва тўғриланган ток кучи I нинг ўрта қийматларини миллиамперметрдан ёзиб олинади. Сунгра $V = I(R_{\text{ср}})$ график чизилади.

Тўғриланган кучланишнинг тушуви кенотрон ичидаги ва филтёрдаги кучланишнинг тушувига боғлиқдир.

Чизилган графикдан фойдаланиб, тўғрилагич қаршилигига тенг бўлган $\frac{V}{I}$ катталиқни топиш керак. Бу катталықни графикнинг

тўғри чизикли қисмидан олиш тавсия этилади. Графикнинг токнинг кичик қийматларига (5 — 20 мА) тўғри келган қисмлари эгри чиқик булади.

Юқоридаги схема яна пульсланувчи кучланишнинг узгарувчан ташкил этувчисини топишга имкон беради. Бунинг учун узгарувчан ток вольтметрдан фойдаланиш мумкин. Бу вольтметр схемада курсатилмаган, уни конденсаторлар орқали биринчи марта тўғрилагичнинг учларига, иккинчи марта филтёрнинг биринчи ячейкасига (1 — 3 нуқталарига), учинчи марта филтёрнинг 1 ва 2 нуқталарига уланади.

Вольтметрнинг ҳар бир улашишида R нинг бир қанча қийматлари учун кучланишнинг ток кучига боғланишини ёзиб олиб, ушбу графикда курсатиш лозим. Бу билан пульсланган кучланишнинг фильтр орқали қандай текисланишини ва R қаршилик ортиши билан текисланишнинг ёмонлашиб боришини куриш мумкин.

Юқорида айтилган ишлар фақат K калит ёпиқлигида бажарилади. Бу ҳолда фильтрнинг кириш қисмида сизим булади. Агар калит очилса, фильтрнинг кириш қисми индуктивликдан иборат булади.

2. чпшқ. Туғрилагичнинг кесиш бурчагини аниқлаш

Юқори қаршиликли вольтметр C_1 конденсаторнинг клеммаларига (кучланиш 110 в булганда) уланади. Ташқи қаршиликнинг ҳар хил қийматлари учун $I_{\text{ург.}}$, $I_{\text{ург.}}$ ларнинг қийматларини ёзиб олиб, (9) формула буйича $\text{tg } \theta - \theta$ ҳисобланади ва 34-жадвалдан θ нинг қиймати топилади. Сунгра, $\theta = f(I_{\text{ург.}})$ график чизилади. (6) формулага асосан θ ни билган ҳолда C_1 конденсатордаги туғрилланган кучланишни ҳисоблаш мумкин. Бунинг учун трансформатор иккиламчи чулғамидаги кучланишни билиш керак.

Эслатма. Фильтрнинг L_1 дросселида потенциал тушуви катта булганлиги сабабли ташқи занжирдаги кучланиш конденсатордаги кучланишдан фарқ қилади.

Кенотрон туғрилагичнинг ишлашини осциллограф билан текшириш

Туғрилагичдаги текисловчи фильтр элементлариянинг ролини икки нузли осциллограф билан текшириш мумкин. Осциллографнинг электрон-нур трубкаси экранда туғрилагич схемасининг ҳар нуқтасидаги кучланишнинг характерини куриш мумкин. Осциллограф экранда икки кучланиш орасидаги фазалар силжишини ҳам куриш мумкин.

Осциллографни ишлатиш учун асбобни 127 в ёки 220 в ли узгарувчан ток манбага улаш керак. Асбобга узгармас ток бериш ярамайди, чунки узгармас ток асбобни ишдан чиқаради. Осциллографнинг олдинги қисмидаги L дастасини «уланган» ҳолатига келтириш керак (128-расм).

Асбобнинг лампаси қизигандан кейин экранда иккита ёруғ чизик пайдо булади. Бу чизикларнинг вертикал ва горизонтал ҳолатини узгартириш учун A_1 , A_2 , B_1 ва B_2 дасталардан фойдаланиш мумкин. G_1 , G_2 дасталар орқали чизикларни фокуслаш мумкин. Чизикларнинг узунлиги K даста билан узгартирилади.

Чизикларнинг равшанлиги B_1 ва B_2 дасталар билан узгартирилади. Ёруғ чизиклар экранда ҳаракатсиз турса экран куйиб қолиши мумкин.

Текшириладиган кучланиш P_1 ёки P_2 ва O_1 ёки O_2 клеммаларга уланади. Бу ҳолда кучайтирилган чизиқларнинг шакли M_1 ва M_2 дасталар билан узгартрилади.

Экрандаги чизиқлар шаклини ҳаракатланмайдиган қилиш мумкин. Бунинг учун «синхронлаш» дастасидан фойдаланилади. Бу дастани чизиқларнинг тинч туриши учун зарур булган минимал ҳолатига қўйиш керак.

3-машқ. Кенотрон анодларидаги кучланишларнинг фазалари силжишини кузатиш

Бунинг учун осциллографдаги P_1 нуқтани туғрилагичнинг O нуқтаси билан улаш керак (127 ва 128-расмларга қаранг). O_1 ва O_2 нуқталарни лампанинг анодларига улаб, осциллограф экранида ҳосил булган манзарани чизиб олиш керак.

Ишни хавфсиз бажариш учун туғрилагичдан чиққан кучланиш 100 в дан ошмаслиги керак.

4-машқ. Туғриланиб филтрдан чиққан кучланишнинг пульсланиш частотасини анодлардаги кучланиш частотаси билан солиштириш

Бу машқни бажариш учун, осциллографдаги кучайтиргичлардан бирини кенотрон анодидан олиб, туғрилагич филтрининг чиқиш клеммасига уланади, иккинчи кучайтиргич эса кенотрон анодига уланган ҳолда қолдирилади. Осциллограф экранида пайдо булган манзара чизиб олинади.

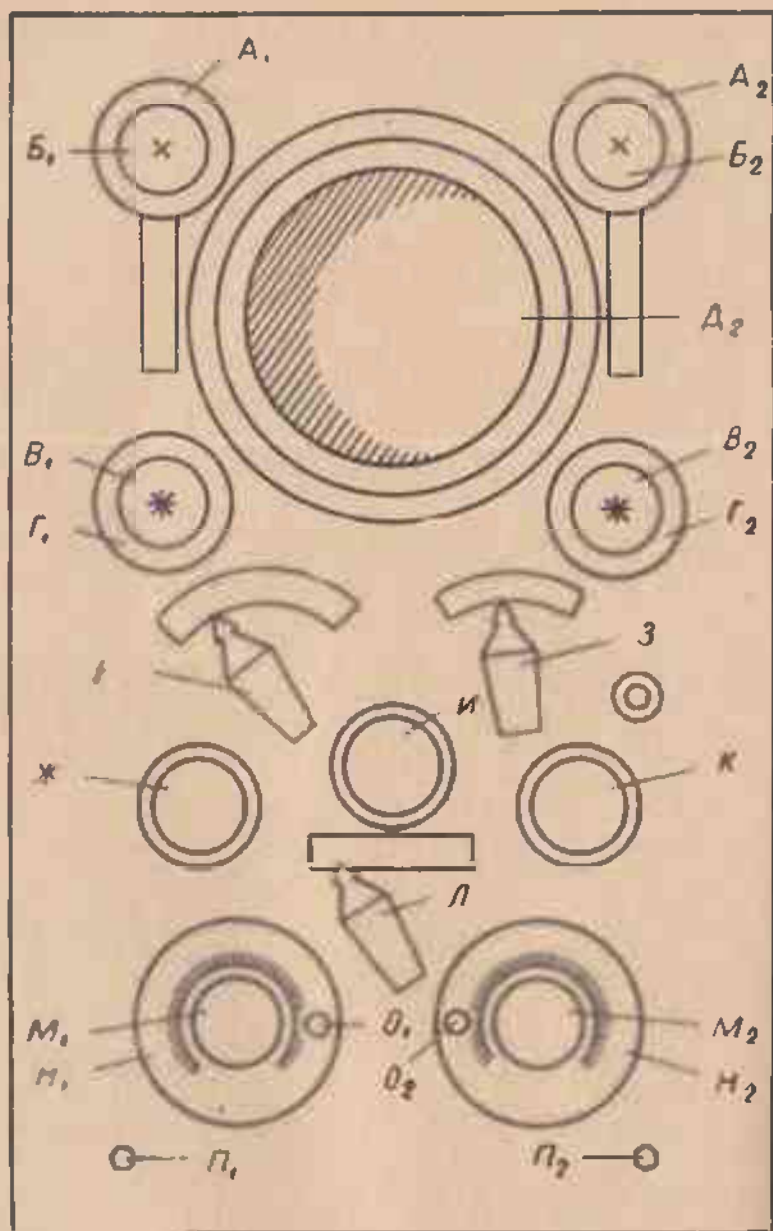
5-машқ. Филтрининг турли нуқталаридаги кучланиш шаклини кузатиш

Бунинг учун осциллограф кучайтиргичидан бири навбатма-навбат филтрининг биринчи ячейкасига, ундан кейин иккинчига ва, ниҳоят, туғрилагичнинг чиқишига уланади. Бунда осциллограф кучайтиргичининг иккинчиси филтрининг киришига уланган ҳолда қолдирилади.

Кузатишни ташқи занжир қаршилиги R нинг турли қийматлари, яъни туғрилагичдан чиққан токнинг турли қийматлари учун тақрорлаш керак. Бу машқ биринчи машққа ухшайди, фақатгина бу машқда вольтметр урнига осциллограф уланган.

6-машқ. Кенотрондан утган ток кучининг эгри чизигини кузатиш

Бунинг кузатиш учун анодларга кетма-кет қилиб r_1 , r_2 қаршиликлар уланади. Бу қаршиликлардан ток утганда кучланиш тушуви юз бериб, унинг шакли кенотрондан утган ток шаклига мос кела-



128-рассм.

ди. Бу чизиқни кузатиш учун II_1 клеммани (ер) ва O_1 ски O_2 кп-ришлардан бирини қаршилиқлардан бирининг учига уланади. Бу вақтда кучайтиргичнинг бошқа кириш клеммаси схемадан узил қўйилади.

Машқни бажаришда кенотрондан чиққан ток кучи 10—15 мВ булиши керак, бу ҳолда қаршилиқлардаги кучланиш тушуви 1 мВ га яқин бўлади. Бу кучланишни кузатиш учун кучайтиргичнинг дастасини максимум ҳолатига келтириш лозим.

57- иш. Ҳиндукция коэффициентини ва сигимини улчаш. Узгарувчан ток учун Ом қонунини текшириш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) Ҳиндукция ғалтаги, 2) резистор, 3) узгарувчан ток вольтметри, 4) узгарувчан ток амперметри, 5) калибр, 6) симлар.

Иш туғрисида тушунча

R_0 актив қаршилиқли утказгичнинг учларига узгарувчан электр юритувчи куч қўйилган бўлса, I пайтда унинг миқдори:

$$E = E_0 \sin \omega t \quad (1)$$

бўлади. Бунда E_0 — э. ю. к. нинг амплитуда қиймати, ω — айланиш (циклик) частота. У вақтда Ом қонунига асосан узгарувчан ток ўсиб, токнинг кучи:

$$I = \frac{E}{R_0} = \frac{E_0}{R_0} \sin \omega t = I_0 \sin \omega t. \quad (2)$$

бунда

$$I_0 = \frac{E_0}{R_0}$$

Агар занжирда R_0 актив қаршилиқдан ташқари индуктивлик ҳам бўлса (ғалтак уланса), у вақтда ўша э. ю. к. таъсири остида

$$I = I_0 \sin(\omega t - \varphi) \quad (3)$$

ток кучи пайдо бўлади, бунда

$$I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R_0^2 + L^2 \omega^2}} \quad (4)$$

L — Ҳиндукция коэффициенти.

Ток билан кучланиш орасидаги фазалар силжиши φ қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\tan \varphi = \frac{L \omega}{R_0} \quad (5)$$

(1) ва (3) формулаларни солиштирадик, ток фаза бўйича кучланишдан орқада қолиши келиб чиқади, (4) формуладаги $R_0 = \sqrt{R_0^2 + L^2 \omega^2}$ катталиқ *тула қаршилиқ*, $L \omega$ эса *индуктив қаршилиқ* денилади.

Агар занжирдаги ғалтак урнига C конденсатор уланса, занжирдаги ток кучи қуйидаги формула билан аниқланади:

$$I = I_0 \sin(\omega t - \varphi),$$

бунда

$$I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R_0^2 + \frac{1}{C^2 \omega^2}}} \quad (6)$$

ҳамда

$$\tan \varphi = \frac{1}{R_0 C \omega} \quad (7)$$

Бу ҳолда ток кучланишга нисбатан фаза буйича олдинда болади. Бунда тула қаршилиқ $R_2 = \sqrt{R_0^2 + \frac{1}{C^2 \omega^2}}$ булади ва $\frac{1}{C \omega}$ катталиқ сиғим қаршилиғи дейилади.

Ниҳоят занжирга R_0 актив қаршилиқ, L индуктивлик ва C сиғим (конденсатор) кетма-кет уланган булса, ток кучи

$$I = I_0 \sin(\omega t - \varphi)$$

булади, бунда

$$I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R_0^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}} \quad (8)$$

ҳамда

$$\tan \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R_0}$$

бу ҳолда тула қаршилиқ эса қуйидагига тенг булади:

$$R = \sqrt{R_0^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$$

(8) формула узгарувчан ток учун Ом қонунининг математик ифодаси дейилади. (2), (4), (6) ва (8) формулаларга ток ва кучланишнинг I_0 ва E_0 максимал қийматлари киради. Лекин I_0 ва E_0 лар асбоблар билан улчанадиган эффектив қийматларига қуйидагича боғлангандир:

$$I_0 = I_{\text{эф}} \sqrt{2}$$

ва

$$E_0 = E_{\text{эф}} \sqrt{2}.$$

Бу формуладаги I_0 ва E_0 ларнинг қийматларини юқорида кўрсатилган формулаларга қуйсак:

$$I_{\text{эф}} = \frac{E_{\text{эф}}}{R_0}; \quad (9)$$

$$I = \frac{E_{\text{эф}}}{\sqrt{R_0^2 + L^2 \omega^2}} = \frac{E_{\text{эф}}}{R_1} \quad (10)$$

$$I_{\text{эф}} = \frac{E_{\text{эф}}}{\sqrt{R_0^2 + L^2 \omega^2}} = \frac{E_{\text{эф}}}{R_1} \quad (11)$$

$$I_{\text{эф}} = \frac{E_{\text{эф}}}{\sqrt{R_0^2 + (L\omega - \frac{1}{\omega C})^2}} \quad (12)$$

Бу формулаларнинг ҳаммасида ҳам R_0 миқдор учларига электр юритувчи куч улашиши керак булган занжирнинг актив қаршилигидир. Агар потенциаллар фарқи бевосита ғалтакнинг икки учига берилган булса, бу ҳолда R_0 фақат шу ғалтакнинг актив қаршилигидан иборат булади.

1-мисал. Узиндукция коэффицентини аниқлаш

Асбоблар 129-расмда тасвирланган схема буйича уланади. Бунда реостат, амперметр ва ғалтак манбага кетма-кет уланади. (10) формуладан:

$$I = \frac{E_{\text{эф}}}{\omega} \quad (13)$$

бунда

$$R_1 = \frac{E_{\text{эф}}}{I_{\text{эф}}} \quad (14)$$

$$R_0 = \frac{I_{\text{эф}}}{I_{\text{эф}} \omega} \quad (15)$$

R_0 — актив қаршилик, ω — доирaviй частота.

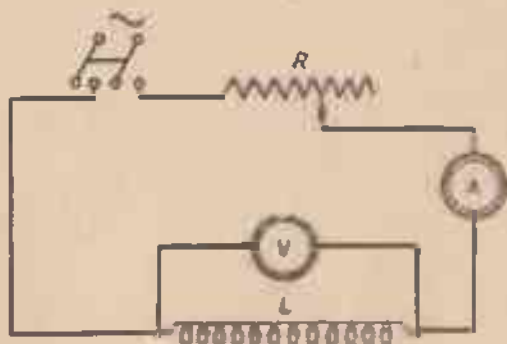
Бу учта катталиқ (ω , R_0 ва R_1) аниқлангандан сунг L топилади.

ω ни аниқлаш учун узгарувчан токнинг даврини билиш керак. Агар ток шаҳар тармоғидан олинаётган булса, унинг даври $T = \frac{1}{50}$ сек га тенг, шунинг учун

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \cdot 3,14}{\frac{1}{50}} = 314 \text{ сек}^{-1}.$$

Ўлчашлар: 1. Актив қаршилиқни улчаш учун узгармас ток купригидан фойдаланиш керак.

2. Тула қаршилиқни аниқлашда узгарувчан токдан фойдаланиб, реостат контактини шундай узгартириш керакки, вольтметр ва



129- расм.

амперметр стрелкаси етарлича четлансин. Булардан E_0 ва I_0 нинг керакли қийматлари олинади ҳамда (14) формулага қўйиб, қаршилиқнинг тегишли қийматлари ҳисоблаб топилади.

2-машқ. Конденсатор сизимини аниқлаш

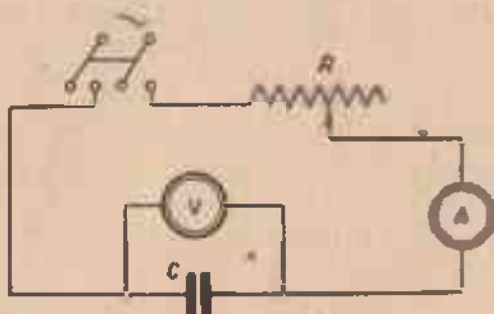
(11) формуладан:

$$C = \frac{I}{\omega \sqrt{R_0^2 - R^2}}$$

Агар $R_0 = 0$ бўлса,

$$C = \frac{I}{\omega R} \quad (16)$$

R_2 ни аниқлаш учун схемани 130-расмда кўрсатилгандек улаш керак. Рубильникни ўзгарувчан токка улаб, вольтметр ва ампер-



130- расм.

метрлардан E_0 ва I_0 ларнинг қийматлари ёзиб олинади. Олинган натижаларни қуйидаги

$$R_0 = \frac{E_0}{I_0} \quad (17)$$

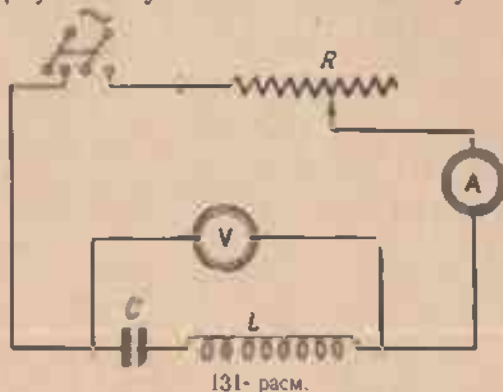
формулага қўйиб, R_2 топилади. Топилган R_2 нинг қийматини (16) формулага қўйиб, C нинг қиймати аниқланади.

3-машқ. Ўзгарувчан ток учун Ом қонунини текшириш

Қаршилиқ, ғалтак ва конденсатор кетма-кет уланганда (12) формулани текшириш учун асбобларни 131-расмда кўрсатилган схема бўйича улаш керак. (12) формуладан:

$$K = \sqrt{R_0^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} = \frac{E_0}{I_0} \quad (18)$$

Рубильникни ўзгарувчан ток манбаига улаб, вольтметр ва амперметрлардан $E_{\text{н}}$ ва $I_{\text{н}}$ ларнинг қийматлари ёзиб олинади. Олинган миқдорларни (18) формулага қўйиб, R ни топниш керак. Иккинчи томондан, формуланинг унг томонига маълум бўлган L , R_0 ва C



миқдорларни қўйиб, R ни ҳисоблаб чиқариш лозим. Олинган натижалар бутун занжир учун Ом қонуни формуласининг туғрилигини текшириш мақсадида таққослаб курилади.

Натижалар қуйидаги жадвалга ёзилади:

Тартиб номери	$E_{\text{н}}$	$I_{\text{н}}$	R	L	C	R_0	$R_{\text{н}}$	$I_{\text{н}}$

58- иш. Электромагнит тебранишлар ҳосил қиладиган лампали энг содда генераторнинг ишлаши билан танишиш ва турли аслликти контурлардаги мажбурий тебранишларни текшириш

Бажариладиган иш икки қисмга бўлинади. Бажариладиган ишнинг биринчи машқида электромагнит автотебраниш системаси билан, иккинчи ва учинчи машқларида мажбурий электромагнит тебранишлари билан танишилади.

Электромагнит тебранишлари вужудга кела оладиган ва бу тебранишлар уз-узидини мустақил тутиб турадиган автотебраниш системасини *электромагнит тебранишлари генератори* дейилади. Ҳозирги замон радиотехникасида сунмас электромагнит тебранишлари олиш мақсадида электрон лампали генераторлар ишлатилади. Генераторнинг схемаси 132-расмда кўрсатилган.

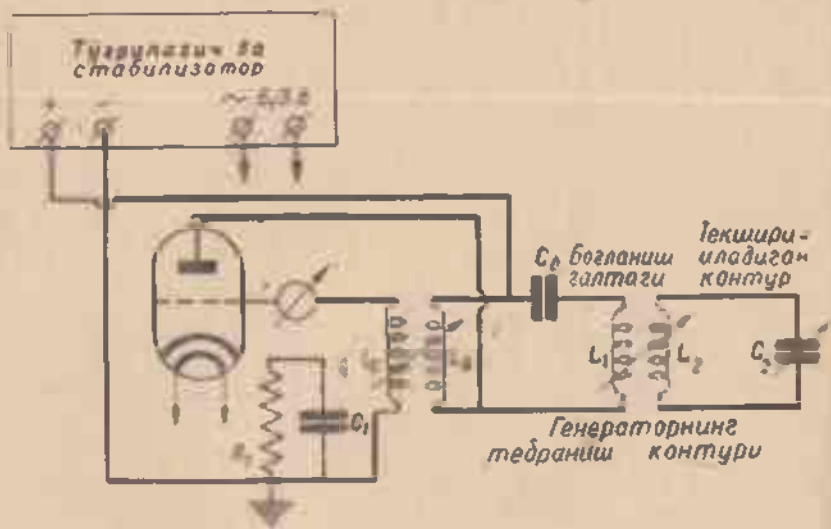
Бу схемада генераторнинг тебраниш контури лампанинг анод занжирига уланган.

Тебраниш контури C_1 конденсатор, L_1 ва L_2 ўзиндукция ғалтакларидан иборат. L_1 ва C_1 дан иборат бўлган контур асосий контур ҳисобланади.

L_2 га кетма-кет уланган L_1 ўзиндукция ғалтаги бу контурнинг бошқа контур билан бўладиган индуктив боғланишини таъминлаш учун схемага киритилган.

Контурда қандай қилиб сунмас тебранишлар ҳосил қилиш билан танишиб чиқамиз.

Схемадаги L_2 индуктивлик ғалтаги лампанинг турига уланиб, асосий ғалтак билан индуктив боғлангандир. Лампадаги тур ундан утадиган токни гоҳ кучайтиради, гоҳ пасайтиради.

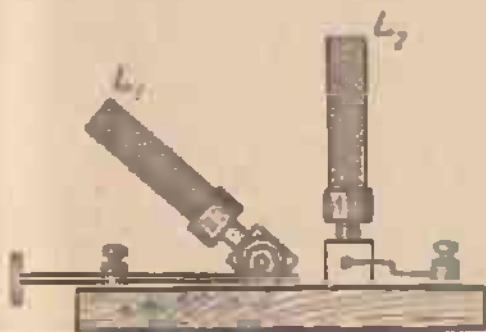


132- расм.

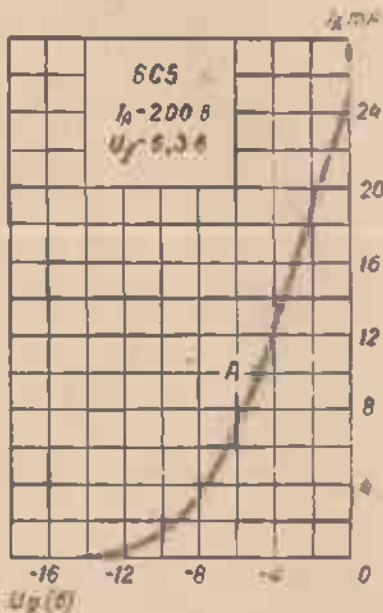
Лампадан токнинг утиши тебраниш контурини анод батареяси билан боғлаш ҳамда контурдаги тебраниш процессида симларда иссиқлик ажралишига ва электромагнит тулқинлар чиқаришга сарфланадиган энергия запасини тулдириб туриш учун зарурдир. Агар конденсатордаги зарядларнинг ишораси анод батареясининг қутб ишораси билан мос келса, у вақтда контур анод батареяси билан боғланишда бўлади. Акс ҳолда лампадан ток утмайди, бу вазифани тур бажаради.

Турнинг тебраниш контури ғалтагига индуктив боғланиши (тескари алоқа деб аталувчи боғланиш) лампа тури томонидан автомат равишда таъминланиши зарур. Турдаги электр юритувчи кучнинг қиймати тебраниш контури ғалтагидаги ток кучининг ўзгаришига боғлиқдир.

Кучланиш қиймати тур галтагининг урамлари сонига боғлиқ. Контурдаги тебранишлар суниб қолмаслиги учун турдаги узга. рувчан кучланишнинг фазаси лампа анодидаги узгарувчан кучланишнинг фазасига қарама-қарши булиши керак. Лампанинг тур занжирига кетма-кет уланган ток улчаш асбобининг вазифаси лампа турининг бу функцияларини ва тескари алоқани контрол қилиш билан узвий боғлангандир. Схемадан турдаги кучланиш мусбат ишорага эга бўлади. Шу пайтдагина электрон токи сезиларли қийматга эга бўлади. Тур занжиридаги асбоб лампадаги токнинг уртача қийматини кўрсатади. Шундай қилиб, турдаги токнинг булиши генератор контурида тебранишларнинг мавжудлигидан ва тескари алоқанинг



133- расм.



134- расм.

туғри ишлашидан дарак беради. Ушбу вазифада генератор ишлашини контрол қилишнинг ана шу усулидан фойдаланилади.

Генератордаги тебранишларнинг амплитудаси тескари алоқа кучига боғлиқ. Шунинг учун ҳам L_1 ва L_2 индуктивлик галтаклари узгарувчан қилиб ясалади (132-расм).

Галтаклар ташқи таъсирдан экранланган. Лампанинг катод занжиридаги узаро параллел уланган C_1 конденсатор ва R_1 қаршилик генератор схемасидаги мустақил элементлардир. Бу элементлар орқали лампа характеристикасида A ишлаш нуқтасини танлаш мумкин (134- расм).

Ишлаш нуқтасини танлашга имкон берувчи экспериментал усулни тушунтирайлик. R_1 қаршиликдан утган анод токи катод ва тур орасида L_1, R_2 кучланишни вужудга келтиради. Кучланиш манфий қийматга эга бўлиб унга автоматик силжиш дейилади.

R , қаршиликка параллел уланган $C = 0,25 \text{ мкф}$ сифимли конденсатор юқори частотали токларнинг R , қаршилик орқали утмасдан лампа катодига келишини таъминлайди. Чуғлантириш кучланиши пасайтирувчи трансформатордан, анодга кучланиш махсус стабилизаторли туғрилагичдан берилади.

1- машқ. Лампали генератор йиғиш ва уни улаш

Асбобларни 132- расмда тасвирланган схемага қараб йиғиш керак. Рақбар текширгандан сунг схемани ток манбаига улаш мумкин.

Генераторда тебранишлар пайдо булишига эришиш керак (частотаси 120 кГц). Бунинг учун етарлича кучли тескари алоқа урнатиб, турга уланган асбобга караш керак. Агар асбоб стрелкаси қимирламаса, бу вақтда тур ғалтагининг учларини алмаштириш зарур, шундагина тур ва анод кучланишлари орасида зарур булган фаза муносабати таъминланган булади. Турда ток пайдо булгандан ва токнинг қиймати индуктив алоқага боғлиқ эканини билгандан сунг генераторни узиб, резонанс контурини йиғишга киришиш керак.

2- машқ. Индуктивлик ва сифим қийматлари булган ҳар хил контурларда мажбурий тебранишларининг резонанс ҳодисасини текшириш

Генератор контури билан индуктив алоқада булган тебраниш контуридаги мажбурий тебранишларни куриб чиқамиз. Текшириладиган контур L узиндукция ғалтаги, R актив қаршилик ва даражаланган узгарувчан C сифимли конденсатордан иборат. Бундан ташқари, контурдаги тебранишларни текшириш учун унга улчов асбоби улаш керак. Бу асбоб 136- расмда тасвирланган. Контурда тебранишлар генераторнинг L_1 ғалтакда ҳосил қилган электр юртиувчи кучи билан ҳосил қилинади. Бу E_0 электр юртиувчи кучнинг амплитудаси I_0 ва L ғалтакларнинг узаро индукция коэффиценти M ва $\frac{di}{dt}$ ҳосиланинг амплитудаси орқали аниқлаш мумкин:

$$E_0 = M \frac{di}{dt} = M \omega I_0$$

$\frac{di}{dt}$ миқдор генератордаги ток кучининг вақт буйича олинган биринчи ҳосиласи булиб, ω эса генератордаги ток кучининг циклик частотасидир.

Мажбурий тебранишларни урганишда тебранишлар интенсивлигининг частотага боғлиқлигини билиш катта назарий ва амалий аҳамиятга эга. Бу боғланиш икки усул билан аниқланади. Бунинг биринчидан, системадаги ташқи таъсирнинг ω частотасини узгартириш ва, иккинчидан, контурнинг параметрлари қийматини узгартириш усули билан амалга оширилади. Бу машқда иккинчи усулдан фойда

ланилади, яъни генератор частотаси ўзгартирилмасдан текширилаётган контурнинг параметрлари ўзгартирилади.

Контурдаги тебранишларнинг частотаси асосан ундаги снгим ва индуктивлик билан ўзгартирилади. Шунинг учун ҳам буларга контурнинг бош параметрлари дейилади. Бу машқда контурнинг битта бош параметри — унинг снгими ўзгартирилади. Шунинг учун ҳам снгими ўзгарувчан конденсатор ишлатилади.

Бу контур учун мажбурий тебраниш тенгламаси (Кирхгофнинг иккинчи қонуни) ни ёзамиз:

$$L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{1}{C} \int I dt = E_0 \sin \omega t = M \cos \omega t.$$

Ток кучи $I = \frac{q}{dt}$ эканлигидан фойдаланиб (бунда q — конденсатор пластинкаларидаги заряд), қуйидагини ёзиш мумкин:

$$L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{1}{C} I = E_0 \cos \omega t.$$

Бу тенгламанинг берилган тебраниш учун ечими қуйидагича бўлади:

$$I = I_0 \sin(\omega t + \varphi).$$

φ — мажбурий тебранишлар фазаси.

Ток кучининг I_0 амплитудаси ифодаси контурнинг C узгарувчан снгими билан қуйидагича муносабатда бўлади:

$$I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2}}$$

Ток кучининг амплитудаси резонанс вақтида максимум қийматга эга бўлади, яъни

$$I_{\text{рез}} = \frac{E_0}{R}$$

эки бу шарт бажарилиши учун ташқи э. ю. к. нинг циклик частотасининг квадрати қуйидагига тенг бўлиши керак:

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

Демак, Томсоннинг $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ формуласига асосан, ташқи электр юритувчи кучнинг ω циклик частотаси контурдаги сунмас тебранишларнинг ω циклик частотасига тенг бўлганда резонанс ҳосил бўлар экан.

Ток кучи амплитудасининг қийматини текшириш учун қуйидагича улчамсиз катталик киригишга тўғри келади, яъни

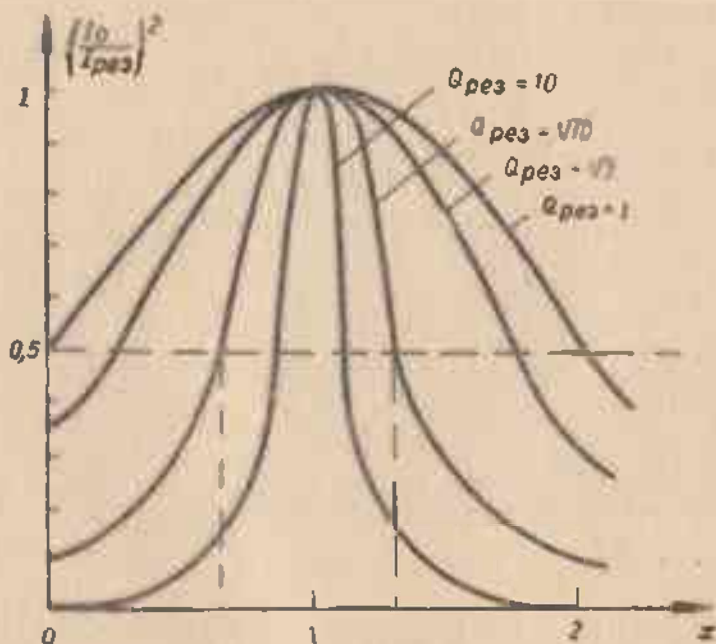
$$H = \left(\frac{I}{I_{\text{рез}}} \right)^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L \right)^2 \cdot \frac{1}{R^2}}.$$

Бу тенглама резонанс эгри чизигининг ўлчамсиз шаклидаги тенгламасидир. Юқоридаги тенгламани шундай шаклга келтириш керакки, у контурнинг фақат битта бош параметрига, яъни C га боғлиқ бўлсин.

Резонанс вақтдаги сизимни $C_{рез}$ билан, $\frac{C}{C_{рез}}$ ни x билан ва резонансдаги контур аслиги $U = \frac{1}{2} V \frac{C}{C_{рез}}$ ни $Q_{рез}$ орқали белгилаб, резонанс эгри чизигининг тенгламасини қуйидагича ёзамиз:

$$U = \left(\frac{1}{2} V \frac{C}{C_{рез}} \right)^2 = \frac{1}{(1 - x^2 Q_{рез}^2 + 1)} \quad (1)$$

Резонанс эгри чизиги 135-расмда тасвирлангандек бўлиб, у $x = 1$ тўғри чизиққа нисбатан симметрик жойлашгандир.



135- расм.

Резонанс вақтида, яъни $Q_{рез}$ бўлганда эгри чизиқлардан фойдаланиб, резонанс эгри чизигининг ярим кенглигини топиш мумкин. (1) тенгламадан $Q_{рез}$ ни топиш мумкин:

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{(1 - x^2 Q_{рез}^2 + 1)} \quad \text{ёки} \quad Q_{рез} = \frac{1}{\Delta x} \quad (2)$$

Амплитудалар квадрати учун чизилган резонанс эгри чизиги нисбий ярим кенглигининг тескари қийматига тенг бўлган катталикка *контурнинг аслиги* дейилади.

Конденсатордаги зарядларнинг тебраниш амплитудаси учун ҳам, индуктивликдаги кучланишнинг тебраниш амплитудаси учун ҳам резонанс эгри чизиги худди 135-расмда кўрсатилган ток амплитудасининг резонанс эгри чизиги тенгламасига ўхшаш бўлишига эътибор бериш керак. Уларнинг максимум қиймати ҳам $x = 1$ дан ўтади.

Резонанс контуридаги ток кучининг амплитудаси шу контурга уланган сифимининг қийматига боғлиқлигини текшириш бу машқнинг экспериментал қисмидир.

Иш бошлашдан олдин текшириладиган контурга ҳамма вақт амплитудаси доимий булган электр юритувчи куч таъсир этиши кераклигини эсдан чиқармаслик лозим. Чунки генераторнинг ишлаши бу алоқага боғлиқдир. Резонанс яқинида алоқа кучсиз булган пайтда генератор резонанс контурига энергиясининг кўпгина қисмини беради, натижада генератордаги ток кучининг амплитудаси камайиб қолади. Бунинг натижасида резонанс эгри чизигининг шакли ўзгаради.

Шунинг учун ҳам контурдаги ток кучининг амплитудасини доимий сақлаб туриш керак.

Бу ҳодисани текшириб туриш учун генератор контуридаги конденсатор ва ғалтакка кетма-кет қилиб юқори частотали ток ўлчайдиган асбоб улаш керак. Бу машқда шу асбоб урида вакуумли термоэлемент олинади.

Генератор лампасининг тури ва тебраниш контури орасидаги тескари алоқани ўзгартириш билан тебраниш контуридаги ток кучи амплитудасини доимий сақлаш мумкин.

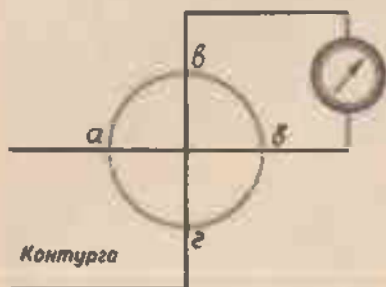
Резонанс контуридаги ток кучининг амплитудаси кичик (тахминан 10^{-4} а) бўлиб, частотаси катта (120 кГц) булгани учун уни ўлчашда вакуумли термоэлементдан фойдаланилади (136-расмга қаранг).

Термоэлемент ингичка симлардан иборат бўлиб, мис-константандан ёки темир — константандан тузилган. Уларнинг икки учи стрелкали гальванометрга келтирилган.

Юқори частотали ток термоэлементдан ўтган пайтда унинг пайпадинини қиздириб, унда доимий ток вужудга келтиради. Иссиқлик исрофини камайтириш мақсадида термопайванд вакуумга жойлаштирилган бўлади. Бу эса жуда кичик миқдордаги ток кучини ўлчашга имкон беради. Гальванометрнинг кўрсатиши чиқиқли булмасдан контурдаги ток кучига боғлиқ бўлади. Шунинг учун ҳам бунда термоэлемент ва гальванометр олдиндан даражаланган бўлади.

Генераторни улагандан кейин, конденсатор дастасини секин силжитиб, контурга уланган сифим ўзгартирилади. Шу пайтда гальванометр стрелкасининг ҳаракати кузатилади. Стрелканинг ҳарикатланиши контурда мажбурий тебранишлар пайдо булганини кўр-

сатади. Конденсатор дастасини жуда оз-оздан силжитиб, гальванометрдан максимум ток ўтиш ҳолати топилади. Сунгра конденсатор созланишини узгартирмасдан, генератор ва контур орасидаги алоқани узгартириб, гальванометр стрелкасини энг катта четланишига эришиш зарур. Шундан кейин улчашларни бошлаш мумкин.



136- расм.

Конденсатор шкаласини нолга келтириб, контурнинг генератор билан булган алоқасини узгартирмасдан сақлаб, резонанс эгри чизиғини чизиш керак. Бу ҳолда генераторнинг ишлаш режими узгармасдан қолади. Эгри чизиқни чизиш учун конденсатор дастасини кетма-кет равишда юқориги шкалага қуйиб бориш керак. Ҳар хил сигим қийматларига тўғри келган ток кучини гальванометрдан ёзиб бориш зарур. Резонансга яқин кел-

ганда гальванометр стрелкасининг четланиши катталашади, бунда сигимни жуда оз-оздан узгартириш керак. Айниқса резонанс эгри чизиқнинг энг катта қийматиға тўғри келадиган сигим қийматини аниқроқ текшириш лозим.

Бу ишларни бажаргандан кейин, контурга 25 дан 50 ом гача булган қаршиликлар улаб, улчашларни бажаришга ўтилади, резонанс эгри чизиқлари графиклари ясалади. Олинган ҳар бир резонанс эгри чизиғидан (2) формула ёрдамида контурнинг резонанс вақтидаги аслиги қиймати топилади.

Контурнинг аслиги контурдаги тебранишларнинг сўниш декременти билан қуйидагича боғлангандир.

$$\lambda = \frac{\pi}{\sqrt{a - \frac{1}{4}}}$$

бунда λ — сўниш декременти.

Асликнинг катта қийматлари учун сўниш декременти қуйидагича тенг булади:

$$\lambda = \frac{\pi}{Q}.$$

Асликнинг қийматидан фойдаланиб, сўниш декременти топилади.

3-м а ш қ. Резонанс ҳолисасидан фойдаланиб тебраниш контуридаги сигимларни ва ўзиндукцияларни улчаш

Номаълум булган параметрлар: C_x сигим, L_x ўзиндукция коэффициенти ва M ўзаро индукция коэффициенти урни алмаштириш методи билан уланади.

Резонанс контурига қаршилиқ уланмаслиги керак. Резонанс контуридаги даражаланган конденсаторга параллел қилиб яна бошқа даражаланган конденсатор уланади. Номаяълум конденсатор дискиннинг бир неча ҳолати учун даражаланган конденсаторнинг дастасини айлантириб, резонанс эгри чизигининг юқори нуқтаси топилади. Генератор частотаси ўзгармас бўлгани учун конденсатор сифимларининг йиғиндиси $C_{рез}$ га тенг бўлгандагина контурда резонанс руй беради, яъни

$$C_x + C' = C_{рез}$$

бундан

$$C_1 = C_{рез} - C,$$

бунда C' — даражаланган конденсаторнинг сифими.

Номаяълум ўзиндукция коэффициентини L , ва ўзаро индукция коэффициентини M ларнинг қийматларини топиш учун номаяълум ўзиндукция ғалтаги резонанс контуридаги асосий ғалтакка кетма-кет уланади. Резонанс контуридаги ғалтакнинг индуктивлиги L_x .

Сунгра, сифими даражаланган конденсатор дастасини ўзгартириб, резонанс эгри чизикнинг чуққисини қидириш керак. Бунга сифимнинг C'' қиймати туғри келсин.

Генератор даврининг доимий эканлигидан фойдаланиб, қуйидаги формулани ёзиш мумкин:

$$L_0 C_{рез} = (L_x + L_0) C'',$$

бундан

$$L_x = L_0 \left(\frac{C_{рез}}{C''} - 1 \right).$$

Бу формула ёрдамида ғалтакнинг номаяълум L , ўзиндукция коэффициентини топиш мумкин.

Худди шу усул билан индуктив боғланган иккита ғалтакнинг ўзаро индукция коэффициентини топиш мумкин.

Ўзаро индукция коэффициентини ғалтакларнинг геометрик жойлашшига ва ғалтаклар турган муҳитнинг магнит майдонига боғлиқ бўлади (137-расм).

Контурдаги асосий ғалтакка кетма-кет қилиб иккита алоҳида-алоҳида улчанган ғалтак уланади. Ўзаро индукция коэффициентини улчанадиган ғалтаклар алоҳида туткича куйилган бўлади.

Худди юқоридаги усул билан резонанс эгри чизикнинг чуққисини қидириш керак. Даражаланган конденсаторнинг шу пайтдаги сифими C' бўлсин. Сунгра ғалтаклардан бирининг учларини алмаштириб улаш керак. Бу ҳолда ҳам резонанс эгри чизикнинг чуққисини қидириш керак. Унга мос келган конденсаторнинг сифими C'' бўлсин.

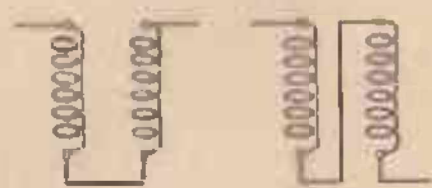
Генератор частотасининг доимийлигидан фойдаланиб, қуйидаги формулани ёзиш мумкин:

$$(L_0 + L_1 + L_2 + 2M) C' = (L_0 + L_1 + L_2 - 2M) C''.$$

Бундан

$$M = \frac{L_1 + L_2 + 2}{2} \frac{C'' - C'}{C'' + C'}$$

L_1 ва L_2 миқдорлар алоҳида-алоҳида ўлчанган ғалтакларнинг ўзиндукция коэффициентларидир. Ўзаро индукция коэффициентининг қийматини ўлчаганда ғалтакларнинг бир-бирига нисбатан ўзаро қиялиги ўзгармаслиги шарт.



137- расм.

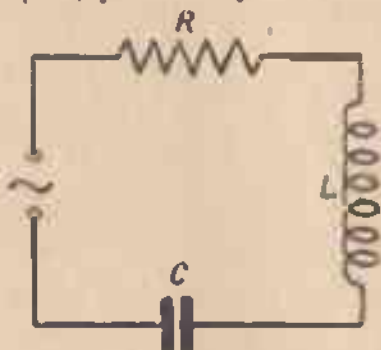
Бу машқда резонанс эгри чизиқнинг чуққисиди бир нечта нуқталар қийматларини олиб, резонанс туғри чизиқни тўла чизиш шарт эмас. Бу нуқталар ўлчаларнинг туғрилигини курсатади.

59- иш. Тебраниш контуридаги резонанс ҳолисасини ва мажбурий тебранишларни урганиш

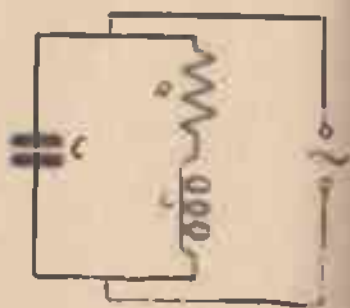
Керакли асбоб ва материаллар: 1) генератор, 2) ВКС-7 катод вольтметри, 3) кил конденсаторли ва қаршиликли тебраниш контури.

Иш туғрисида тушунча

Бу машқда ўзгарувчан частотали электр юритувчи куч манбаиги уланган тебраниш контурида пайдо бўлган мажбурий тебранишлар текширилади. Манба контурга кетма-кет (138- расм) ёки параллел (139- расм) уланиши мумкин.



138- расм.



139- расм.

Мажбурий тебранишларни урганишда тебраниш интенсивлигининг ω тебраниш частотасига ва сунмас тебранишларнинг

$-\frac{1}{\omega C}$ частотасига боғлиқлигини билиш катта аҳамиятга эгадир.

Контурдаги мажбурий электромагнит тебранишларнинг интенсивлигини қуйидаги катталиклар билан характерлаш мумкин: 1) ток кучининг амплитудаси, 2) конденсатор пластинкаларидаги кучланишнинг амплитудаси, 3) контур индуктивлигидаги кучланишнинг амплитудаси ва ҳоказо.

Юқоридаги катталиклар ҳар бирининг амплитудаси махсус $\gamma = \frac{1}{\omega_0}$ функция билан белгиланади. Бу функциялар характерли максимумга эга бўлади, ҳар бир максимум (контурдаги аслик) $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ кичик бўлган вақтда маълум γ қийматга эга бўлади. ω ва ω_0 частоталар орасидаги боғланишни икки йул: биринчидан, контурнинг L ва C бош параметрларини ўзгартириш ва, иккинчидан, контурга таъсир қилаётган кучланиш частотасини ўзгартириш йули билан ўзгартириш мумкин.

Бу машқда контурнинг хусусий частотасини ўзгартирмай, унга таъсир қилаётган кучланишнинг частотаси ўзгартирилади. Ўзгарувчан частотали электр юритувчи кучнинг манбаи сифатида стандарт сигналлар генератори (ГСС-6) дан фойдаланиш мумкин. Машқда контурдаги ўзгарувчан кучланиш V_0 амплитудасининг $\gamma = \frac{1}{\omega_0}$ катталиклга боғланиши текширилади. V_0 катталик учун резонанс эгри чизиқ тенгламаси қуйидагича олинади.

Кирхгофнинг 2-қонунига асосан, контурда ҳосил бўлган мажбурий электромагнит тебранишлар учун қуйидаги дифференциал тенгламани ёзиш мумкин:

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + RI \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = \epsilon_0 \sin \omega t, \quad (1)$$

бунда q — конденсатордаги заряд. Ток кучи

$$I = \frac{dq}{dt}$$

эканлигини назарда тутиб, (1) тенгламани қуйидагича ёзамиз:

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = \epsilon_0 \sin \omega t, \quad (2)$$

бунда ϵ_0 — контурга уланган электр юритувчи кучнинг амплитудаси. Бу тенгламанинг ечими қуйидаги функция бўлади:

$$q = q_0 \sin(\omega t + \varphi).$$

бунда

$$q_0 = \frac{\epsilon_0}{\sqrt{R^2 \omega^2 + L^2 (\omega^2 - \omega_0^2)^2}}$$

Қулайлик учун:

$$\gamma = \frac{1}{\omega_0} \text{ ва } \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = Q$$

белгилар киритиб, q_0 ни бундай ифодалаймиз:

$$q_0 = \frac{z_0}{V(1 - \gamma^2 + \frac{\gamma^2}{Q^2})}$$

Бизни конденсатордаги кучланиш амплитудаси

$$V_0 = \frac{q_0}{C}$$

қизиқтиради. Демак,

$$V_0 = \frac{z_0}{V(1 - \gamma^2 + \frac{\gamma^2}{Q^2})} \quad (3)$$

Бу тенглама биз излаётган тенгламадир.

Резонанс эгри чизиқни мукамалроқ текшириш учун уни улчамсиз куринашда ёзиш қулай бўлади:

$$y = \left(\frac{V_0}{z_0}\right)^2 = \frac{1}{(1 - \gamma^2 + \frac{\gamma^2}{Q^2})}$$

Бу y функция γ нинг қуйидаги қийматида максимумга эга бўлади:

$$\gamma = \gamma_{res} = \sqrt{1 - 2Q^2}$$

$Q > 1$ булганда $\gamma_{res} > 1$ бўлади, шунинг учун ҳам y функция частотанинг

$$\omega_{res} = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

қийматида максимал бўлади. Конденсатордаги кучланишнинг V_0 амплитудаси қийматининг максимумга яқинлашиши шу миқдор учун резонанс ҳодисаси бўлади. Юқорида олинган ифодадан шу нарса куринадики, ташқи электр юритувчи кучнинг частотаси

$$\omega_{res} = \omega_0 \cdot \frac{1}{2} \frac{R^2}{L^2} = \frac{1}{LC} - \frac{1}{2} \frac{R^2}{L^2}$$

булганда V_0 резонанс бўлади. Контурда суниш кичик булгани учун $Q \gg 1$ булиб

$$\omega_{res} = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

ω_{res} нинг қийматини (3) формулага қуйиб, V_{res} нинг максимал қийматини топамиз:

$$V_{res} = \frac{z_0}{CR \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}$$

Контурда суниш кичик булгани учун:

$$V_{res} \approx \frac{z_0}{CR \sqrt{LC}} = z_0 Q$$

булади. Бу формуладан кўринадики, резонанс бўлганда конденсатордаги кучланишнинг амплитудаси контурга уланган э. ю. к. нинг амплитудаси қийматидан катта булар экан. Шунинг учун контурнинг асслиги қуйидагига тенгдир:

$$Q = \frac{1}{\epsilon_n}.$$

Демак, контурнинг асслиги резонанс вақтида конденсатордаги кучланиш амплитудасининг унга уланган э. ю. к. нинг амплитудасига булган нисбатига тенг экан. Конденсатордаги кучланиш учун ўлчамсиз резонанс 140-расмда тасвирланган.

Агар резонанс чизиқлар тажрибадан олинган бўлса, булардан $\left(\frac{U}{U_0}\right)^2$ фойдаланиб контурнинг асслигини топиш мумкин. Бу иш қуйидагича бажарилади.

Конденсатордаги кучланиш амплитудасининг квадрати резонанс вақтидаги амплитудасига қараганда икки марта кичик бўлсин, яъни $\gamma = \gamma_{1/2}$. Бу миқдорни қуйидаги шартга асосан топиш мумкин:

$$Q^2(1 - \gamma_{1/2}^2) - \gamma_{1/2}^2 = 2.$$

Бундан

$$\gamma_{1/2}^2 = 1 - \frac{1}{2Q^2} = \frac{1}{Q^2} \sqrt{1 + \frac{1}{Q^2}}$$

ёки $\frac{1}{Q}$ тартибдаги ҳадларни назарга олмасак (яъни $Q > 1$ булган контурларни назарда тутсак).

$$\gamma_{1/2} = 1 \pm \frac{1}{Q}$$

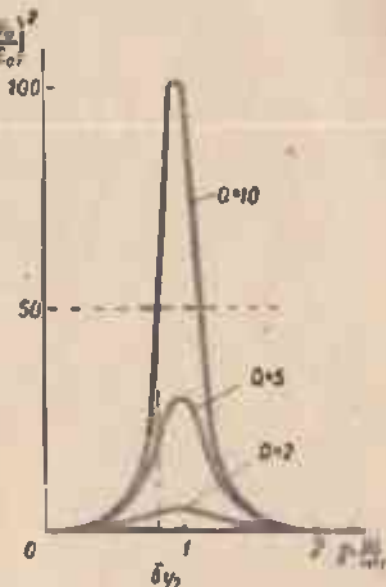
ёки

$$\gamma_{1/2} = 1 \pm \frac{1}{2Q}.$$

Булардан кўринадики, $\gamma_{1/2}$ функция резонанс эгри чизик максимумининг икки томонида икки қийматга эга. Бу қийматлар учун $\left(\frac{U}{U_0}\right)^2$ нисбатнинг қиймати икки марта кичик булади.

$Q > 1$ деб фараз қилинганда бу икки қиймат $\gamma = 1$ нуқтага нисбатан симметрик жойлашган булади. Шунинг учун контурнинг асслиги қуйидагича ифодаланади:

$$Q = \frac{1}{\gamma_{1/2} - \gamma_{1/2}} \quad (4)$$



140- расм.

γ_{10} ва γ_{10} лар $\gamma = 1$ нуқтанинг икки томонидаги γ_{10} нинг қиймагидир. Тажриба йули билан чизилган резонанс эгри чизиқнинг $2 \left(\frac{1}{\gamma_{10}} \right)$ нуқтасидан γ уққа параллел туғри чизиқ ўтказилса, у вақтда бу чизиқнинг резонанс чизиқ билан кесишган нуқталарининг абсциссалари γ_{10} ва γ_{10} ларнинг қийматларини беради.

Сўнгра (4) формула ёрдамида Q нинг қийматини ҳар хил контурлар учун топиш мумкин.

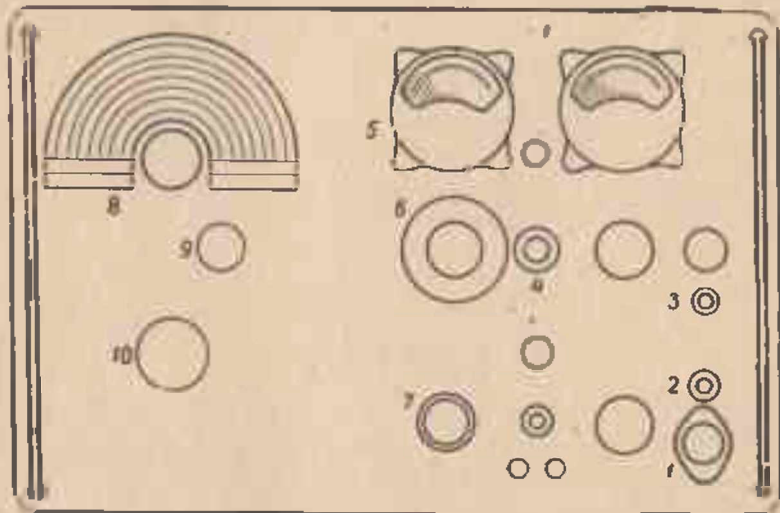
Асбобнинг тузилиши

Ўлчаш вақтида қуйидаги учта асосий асбоб билан иш қилинади: текшириладиган контур, ВКС-7 типидagi катод вольтметр ва ГСС-6 типидagi сигналлар генератори.

Контурлар тайёр шаклда берилади. Контурда битта индукция ёлтаги бўлиб, унга ҳар хил R қаршилиқлар ва ҳар хил C сифмлар уланганда ҳар хил контурлар ҳосил булади.

Конденсатордаги кучланиш ВКС-7 катод вольтметри билан улланади. Конденсатордаги кучланишнинг юқори частотали бўлиши ва унга уланган вольтметр шунт бўлиб қолмаслиги учун катод вольтметрлар ишлатилади.

Стандарт сигналлар генератори 100 кГц дан 26 МГц гача бўлган кенг диапазонда синусоидал тулқинлар олишга имкон беради (141-расмга қаранг).



141-расм.

Генераторнинг 1 уясидан чиққан шнур 120 в ли узгарувчан ток тармоғига уланади. Сўнгра 2 тумблери юқорига кутариш керак. Бу вақтда 3 лампочка ёнади.

Текшириладиган контур генераторнинг 4 уясига уланади. Генератордан 1,5 в гача кучланиш олиш мумкин, кучланиш кагталигини 5 асбоб курсатади.

Кучланишни ўзгартириш учун 6 ва 7 дасталардан фойдаланиш керак. Генератордан чиққан кучланиш частотага боғлиқ булганлиги учун 5 асбобга ҳамма вақт қараб туриш керак. Иш вақтида генератордан чиққан кучланиш 0,8 в булиши керак.

8 созлаш шкаласи 9 даста ёрдамида ўзгартирилади. Бу шкала саккиз диапазондан иборат булиб, уни 10 даста ёрдамида ўзгартириш мумкин.

Иш тамом булгандан кейин 2 тумблер пастга тушириб қўйилади.

Иш л а ш й ў л и

Схемалар улангандан кейин улчашга киришиш керак. Ҳар бир контур учун резонанс эгри чизиқ топилади. Бу ҳолда генератор частотасини 100 кгц дан 500 кгц гача ўзгартириш керак. Генератордан чиққан кучланиш ҳамма вақт ўзгармас (0,8 в) булиши шарт. Тажрибадан фойдаланиб аслиги катта булган контурни танлаб олиш керак. Бу контурга кетма-кет 3—4,5 ом ли қаршиликлар улаб, унинг аслигини камайтира бориш лозим. Бу вақтда асликнинг резонанс эгри чизиққа таъсирини урганиш мумкин. Олинган миқдорларни $\left(\frac{U}{U_0} \right) = f(\gamma)$ график билан ифодалаш лозим.

Чизилган резонанс эгри чизиқлардан фойдаланиб, ҳар бир контур учун асликни топиш керак. Аслиги аниқлангандан кейин, контурдаги тебранишнинг сүниш декрементини қуйидаги формула ёрдамида топиш мумкин:

$$\gamma = \frac{n}{Q}$$

Ҳар бир контур учун γ_1 ва γ_2 ларни белгилаш зарур. Графикдан контурдаги асликнинг резонанс эгри чизиққа таъсири аниқланади.

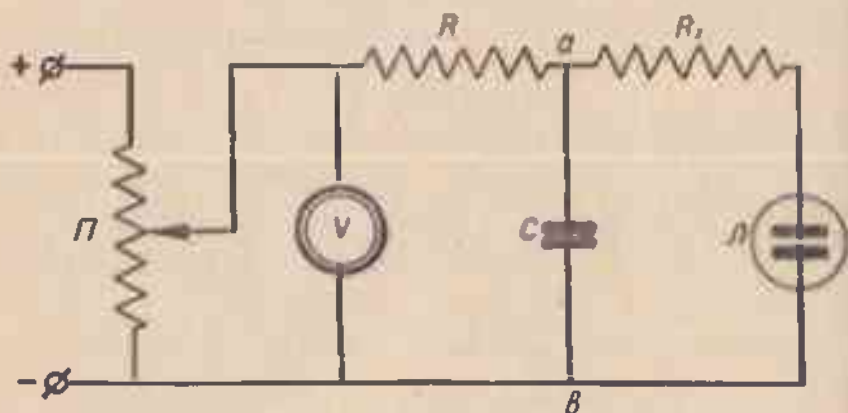
60- иш. Неон лампали генераторни урганиш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) $R = 2, 3, 4$ мгом ва $R_1 = 0,2; 0,4$ мгом қаршиликлар; 2) 2; 2,5; 3 мкф сифмли конденсатор; 3) неон лампа; 4) ўзгармас ток манбаи; 5) 200 в га мулжалланган вольтметр ва 6) миллиамперметр.

Иш тўғрисида тушунча

Неон газ тўлдирилган лампалардан ток утганда улар узларининг ички қаршиликларини тез-тез ўзгартириб туради. Неон лампаларнинг шу хусусиятларидан фойдаланиб, аррасимон кучланиш берувчи генераторлар яшаш мумкин. Маълумки, ҳар бир газ тўлдирилган лампаларнинг, шу жумладан, неон газ тўлдирилган лам-

паларнинг ҳам ёниш кучланиши V_0 мавжуд бўлиб, электродлар орасидаги потенциаллар айирмаси уса бориб V_0 га эришгандан сунг электродлар орасидан ток ута бошлайди. Ток ута бошлаши сабабли лампа электродлари орасида биқсима разряд лайдол бўлади. Сунгра разрядланиш токи камаяди, натижада лампа ўчади. Яна электр манбаидан лампа электродларига ток келиб, кучланиш ортиб, V_0 қийматга еггач тагин лампа ёнади.



142- расм.

Шундай қилиб, неон лампа дам ёниб, дам ўчиб тебраниш манбаи вазифасини ўтайди.

Агарасимон кучланиш манбаи ҳосил қилиш учун неон лампа занжирини қуйидагича тузиш керак (142- расм).

Агар схемага электр манбаидан V_0 ўзгармас кучланиш берсак, R қаршилиқ орқали C конденсатор зарядланади. Конденсатор зарядланаётганда кучланиш миқдори қуйидагича ўзгаради:

$$V = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (1)$$

бундаги V — конденсатор уланган a ва b нуқталардаги кучланишнинг қиймати, V_0 — занжирга уланган ўзгармас ток манбаининг кучланиши, e — натурал логарифм асоси, t — конденсаторнинг зарядланиш вақт доимийлиги.

Конденсаторнинг зарядланиш вақтини секунд билан ўлчаб, уни RC билан ифодаласак, яъни $t = R \cdot C$ бўлса, (1) формула қуйидаги куралишга келади:

$$V = V_0(1 - e^{-1}) = V_0(1 - \frac{1}{e}) \approx 0.63V_0$$

Шундай қилиб, RC секунддан сунг конденсатор тула кучланишининг 63% га тенг кучланиш билан зарядланади. Агар конденсаторнинг зарядланиш вақти $t = 2,3 RC$ га тенг булса, конденсатордаги V кучланиш тула V_0 кучланишининг 90% ига тенг булади. Конденсатор $t = 6,9RC$ секунд давомида зарядланса, ундаги кучланиш тула кучланишининг 99,9% ини ташкил қилади. Назариянинг курапатишича, конденсаторнинг тула кучланишга қадар зарядланиш вақти чексиз бўлади, аммо амалда конденсаторнинг тула зарядланиш вақти $t = 5RC$ сек ҳисобланади.

Конденсатор RC вақт давомида разрядланганда унинг кучланиши тула V_0 кучланишининг 37% ига тенг булади.

Тула кучланишнинг 63% игача зарядланган конденсаторнинг кучланиши тула кучланишининг 37% га тенг булгунча разрядланиши учун зарур булган вақтга занжирнинг вақт доимийси дейилади.

Мисол. Агар занжирда $R = 10$ мкОм, $C = 500$ мкф булса, занжирнинг вақт доимийси:

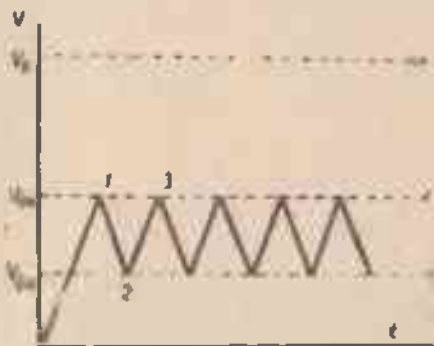
$$RC = 10 \cdot 500 = 5000 \text{ мксек.}$$

Демак, конденсаторнинг кучланиши тула кучланишининг 63% ига тенг бўлиши учун 5000 мксек вақт керак экан. 142-расмда тасвирланган схемадаги конденсатор юқорида баён қилинган қонун буйича зарядланади.

Конденсатор уланган a ва b нуқталардаги потенциаллар айирмаси ўсиб, V_0 қийматга тенг булганда неон лампа ёнади. Демак, неон лампанинг қаршилиги камаяди, шу муносабат билан конденсатор зарядсизланади.

Агар неон лампа занжиридаги R қаршилик R га қараганда жуда кичик, яъни $R_1 \ll R$ булса, конденсаторнинг разрядланиши зарядланишига қараганда тезлашади.

Конденсатордаги кучланиш камайиб V_0 қийматга етганда лампа учади. Лампанинг ёниш ва ўчиш кучланиши 143-расмдаги графикда қайд этилган (1 ва 2 нуқталар). Расмдаги график $V_0 \gg V_1$ шарт бажарилганда вужудга келади. Сунгра, лампанинг қаршилиги катталаниши туфайли ундан ток ўтмади. Шу пайтда C конденсатор яна зарядлана бошлайди, буни графикда 2 ва 3 нуқталар орасидаги чизик ифодалайди. Конденсатордаги кучланиш V_0 қийматга етганда лампа яна ёнади. Шундай қилиб, конденсатор уланган a ва b нуқ-

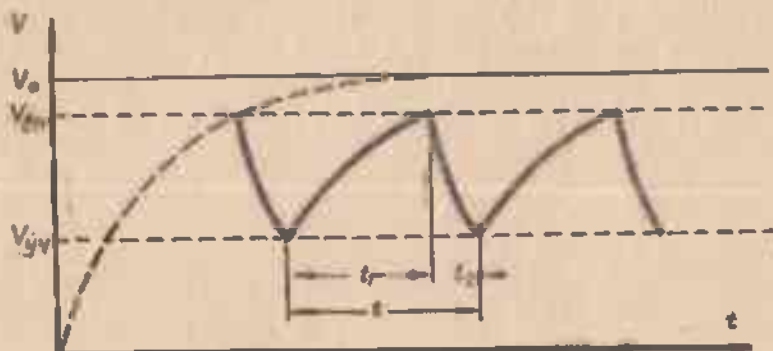


143- расм.

таларда кучланиш қийматларининг ўзгаришини графикда тасвирласак, аррасимон шакл ҳосил булади.

Агар неон лампанинг V_0 ёниш кучланиши катта қийматга ёки схемага уланган манбанинг кучланиши V_0 кичик қийматга эга бўлса, пульсланган кучланиш ҳосил булади (144-расм).

Лампанинг V_0 ёниш кучланиши занжирга уланган манбанинг V_0 кучланишига нисбатан кичик бўлса, конденсатордаги кучланишнинг ўсиши тўғри чизиқли булади.



144-расм.

Агар лампанинг параметрлари маълум бўлса, 142-расмдаги неон лампа занжиридаги R_1 , R_2 қаршиликларни ҳамда C конденсаторнинг сифимини топиш мумкин. Одатда лампанинг параметрлари: $I_{\max}$ — лампадан ўтиши мумкин бўлган энг катта ток кучи, V_0 — ёниш потенциали, V_1 — ўчиш потенциали берилган булади. Лампадан ўтувчи токнинг кучи $I_{\max}$ дан катта бўлмаслиги учун R_1 нинг қиймати қуйидаги тенгламани қаноатлантириши керак:

$$R_1 = \frac{V_0}{I_{\max}} \quad (2)$$

Бу R_1 қаршилик неон лампанинг занжирга уланган бўлиб, конденсаторларнинг разрядланиши учун катта аҳамиятга эгадир. Энди R_2 қаршиликнинг қийматини толамиз. Бу қаршилик конденсаторнинг зарядланиши учун хизмат қилади. Конденсаторнинг зарядланиши учун кетган вақтни t_1 билан, разрядланиши учун кетган вақтни t_2 билан белгиласак, зарядланиш ҳамда разрядланиш учун кетган бутун вақт қуйидагига тенг булади:

$$T = t_1 + t_2 \quad (3)$$

Кучланишнинг аррасимон ўзгаришидаги тула даврни T билан белгилаймиз. Конденсаторнинг зарядланиши ва разрядланиши учун

кетган вақтлар нисбати занжирдаги R ва R_1 қаршилиқлар нисбатига тенгдир:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{R}{R_1}$$

ёки

$$R = R_1 \frac{t_1}{t_2} \quad (4)$$

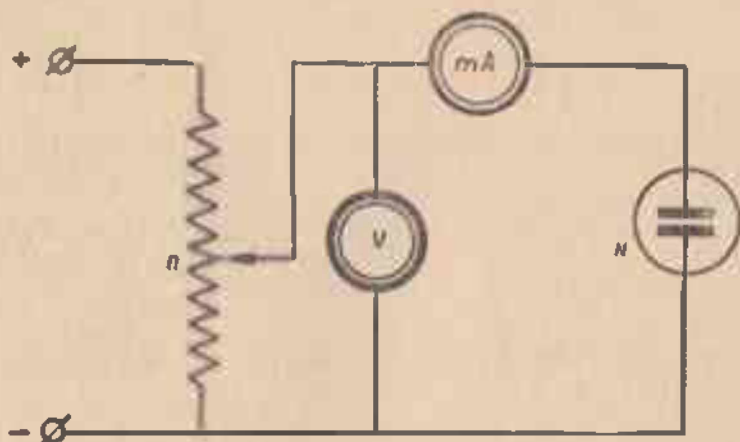
Конденсаторнинг сифими учун қуйидаги тайёр формуладан фойдаланамиз:

$$C = \frac{T}{R \ln \frac{U_0 - U_1}{U_0 - U_2}} \quad (5)$$

Юқоридаги (3), (4) ва (5) формулалардан фойдаланиб, t_1 , t_2 ва T ларнинг қийматларини топа оламиз.

Ишнинг бажарилиши

Асбобларни 145-расмда курсатилган схема бўйича бир-бирига улаймиз. Ўзгармас ток манбаининг кучланиши $V_0 = 130$ в, қаршилиқлар $R = 2, 3; 4$ мгом, $R_1 = 0,2; 0,4; 1$ мгом, $C = 2; 2,5; 3$ мкф.

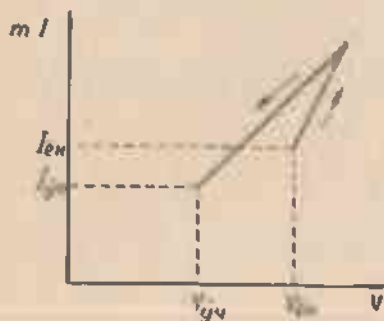


145- расм.

R_1 нинг қийматини аниқлаш учун неон лампанинг ёниш кучланиши V_0 ва учиш кучланиши V_1 нинг катталиқларини билиш керак. Бунинг учун неон лампанинг вольтампер характеристикасини олиш керак.

P потенциометр ёрдамида неон лампадаги кучланиш ўзгартирилса, занжирдаги миллиамперметрнинг курсатиши ҳам ўзгаради. Потенциометрнинг ҳаракатланувчи контактини аста-секин ўзгартириб

кучланиш ва ток кучини, хусусан лампанинг ёнган ва учган пайтидаги кучланиш ва ток кучи ўзгаришларини ёзиб олиш керак. Сунгра кучланиш ва ток кучи қийматларидаги фойдаланиб, неон лампанинг вольтампер характеристикаси чизилади (146-расм).



146- расм.

Неон лампа занжирига бериладиган кучланишни потенциометр ёрдамида аста-секин купайтириб, V_0 қийматига етказгач, лампа ёнади. Потенциометр ёрдамида кучланишни аста-секин камайтириб, V_0 қийматгача туширсак, лампа учади. Аммо кучланиш камайтирилганда эгри чизиқ бошқа йул билан кайтади.

Шундай қилиб, 146- расмда тасвирланган схемага уланган манбанинг V_0 кучланишини вольтметрдан билиб, сунгра V_0 ва I_0 кат-

таликларни топган холда юқоридаги (3), (4) ва (5) формулалардан фойдаланиб, t_0 , t_1 ва T қийматларини аниқлаш мумкин:

$$t_1 = RC \ln \frac{V_0 - V_y}{V_0 - V_0} \quad (6)$$

$$t_0 = t_1 \frac{R_0}{R} \quad (7)$$

Конденсатор зарядланиб булгунча t_0 вақт утади, шу пайтда лампа учиб туради. Сунгра, конденсатор t_1 вақт давомида разрядланади, бунда лампа ёниб туради.

Лампанинг бир учиб ёниши учун кетган T вақт топилади. Схемада RC миқдор узгармас булганда манбанинг V_0 кучланишини узгартиб, t_0 нинг турли қийматлари топилади.

51- иш. Неон лампани схемада релаксацион тебранишларни урганиш

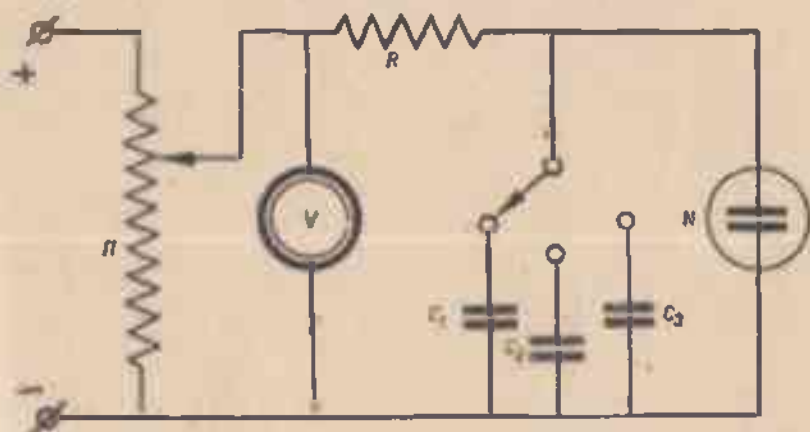
Керакли асбоб ва материаллар: 1) неон лампа; 2) конденсаторлар; 3) реостатлар; 4) 300 в га мулжалланган туғрилагич; 5) узгармас ток вольтметри; 6) миллиамперметр; 7) осциллограф; 8) улаш симлари; 9) потенциометр.

Иш туғрисида тушунча

Шақли синусоидал тебранишлардан катта фарқ қилган ва даврий равишда такрорланувчи барқарор тебранишлар *релаксацион тебранишлар* дейилади. Релаксацион тебранишнинг пайдо булиши учун электр занжирда катта қаршилиқ булиши шарт. Бу қаршилиқнинг ток ўтказувчанлиги чизиқли булмаслиги керак.

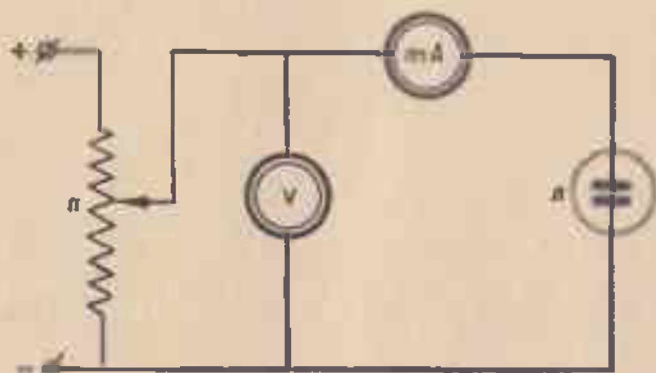
Релаксацион тебраниш манбалари жумласига электрон лампалар, неон лампалар ва электр ёйлари киради.

Биз релаксацион тебранишлар манбаи сифатида неон лампадан фойдаланамиз. Бу машқда релаксацион тебранишларнинг схема ва лампа параметрларига боғланиши текширилади. Ишлаш схемаси 147-расмда тасвирланган. Бу схемада N — неон лампа, C_1 , C_2 , C_3 — ҳар хил сизимли конденсаторлар, R — қаршилик, P — потенциометр.



147- расм.

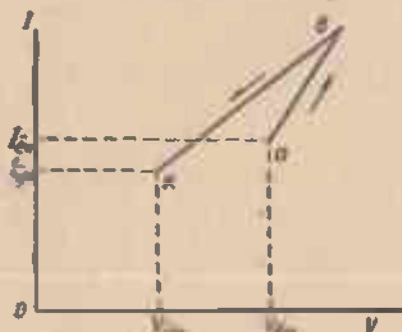
Схеманинг ишлаши неон лампа хоссаларига боғлиқ. Шунинг учун энг аввал унинг характеристикасини чизиш, яъни ундаги кучланиш ва ток кучи орасидаги боғланишни билиш зарур. Бу ишни бажариш учун 148-расмдан фойдаланиш керак.



148- расм.

Кучланиш тақсимлагич (П) ёрдамида лампадаги кучланишни ўзгартириб, вольтметрдан ва лампадан утган ток кучини миллиамперметрдан ёзиб олиб, унинг характеристикасини чизиш керак.

Неон лампанинг характеристикаси 149-расмда тасвирланган. Бу графикдан кўрипишича, лампадаги кучланиш кичик бўлганда ундан



149- расм.



150- расм.

ток ўтмайди. Кучланиш ёниш кучланиши V_0 га тенг бўлганда лампадаги ток кучи бирданига кучайиб, I_0 га тенг бўлади. Кучланишнинг ортиши билан ток кучи ab йўналиш буйича ошиб боради. Лампадаги кучланишнинг камайиши натижасида ток кучи ҳам камайиб боради, лекин бу камайиш bc йўналиш буйича боради.

Охирда кучланишнинг $V_0 < V_1$ қийматида лампа ўчади ва ток кучининг қиймати нолга тенг бўлади. Лампанинг бу хусусияти релаксацион тебранишларнинг келиб чиқишини тушунтиради.

Ишнинг математик қисмини соддалаштириш учун неон лампанинг схемалаштирилган характеристикасини қараб чиқайлик (150-расмга қаранг). Бу чизикда неон лампанинг ҳамма хусусиятлари курсатилган. 150-расмда тасвирланган чизиқни аналитик равишда қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$V = V_0 + R_1 I_2$$

ёки

$$I_2 = \frac{V - V_0}{R_1}. \quad (1)$$

Бундаги R_1 —неон лампанинг ички қаршилиги бўлиб, $1/R_1$ лнинг қийматини белгилайди. R_1 қаршилиқ V кучланишнинг ўзилиш-ли функцияси. Кучланиш 0 дан V гача ўсганда R_1 қаршилиқ чексиз катта бўлади, $V > V_0$ бўлганда $R_1 = \text{const}$ бўлади. Кучланиш пасайганда R_1 катталиқ $V = V_0$ қийматгача ўзгармай қолади ва $V < V_0$ бўлганда чексизлиikka интилади.

Неон лампали схема (151-рasm) учун (1) формула ва Кирхгоф қонунларидан фойдаланиб, қуйдаги формулаларни ёзиш мумкин:

$$IR + V = V_0.$$

$$I = I_0 + I_1$$

$$I_1 R_1 = V - V_0$$



151- рasm.

Бу тенгламалардан I_1 ва I ни йўқотсак,

$$I_1 + V \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right) = \frac{V_0}{R} + \frac{V_0}{R_1}.$$

Бунда

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1}.$$

Қуйдагини оламиз:

$$I_1 + \frac{V}{R} = \frac{V_0}{R} + \frac{V}{R_1}. \quad (3)$$

Лекин

$$CV = q,$$

$$\frac{dq}{dt} = I_1$$

булганлиги сабабли,

$$C \frac{dV}{dt} = I_1$$

демak, (2) тенгламани қуйдаги шаклда ёзамиз:

$$C \frac{dV}{dt} + \frac{V}{R} = \frac{V_0}{R} + \frac{V}{R_1}. \quad (4)$$

Бу тенглама схемадаги ҳамма ҳодисаларни тушунтиради. (4) тенгламани интеграллаймиз:

$$\frac{V}{R} = \frac{V_c}{R} - \frac{V_c}{R_1} - A e^{-\frac{t}{RC}} \quad (5)$$

бунда A — бошланғич шартлардан топиладиган доимий миқдор. R_1 қаршилик икки хил қийматга эга булганлиги учун юқоридаги тенгламадан иккита ёзиш керак. Батарейни улаш пайтида схемадаги конденсатор зарядланмаган булади ва лампа ёнмайди, яъни $R_1 = \infty$ шунинг учун (2) тенгламани назарга олганда (5) формула қуйидагича ёзилади:

$$V = V_c - R A e^{-\frac{t}{RC}} \quad (6)$$

Бунда $t=0$ да $V=0$ булиш шартидан фойдаланиб, $R'A = V_c$ тенгликни топамиз. Демак,

$$V = V_c (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Конденсатордаги кучланиш уса боради ва асимптотик равишда батареядаги кучланиш қийматига яқинлашади. $V_c < V_c$ булганда қандайдир t пайтда лампа ёнади. Ёниб туриш вақти τ ни қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$V_c = V_c (1 - e^{-\frac{\tau}{RC}})$$

бундан

$$\tau = RC \ln \frac{V_c}{V_c - V_c} \quad (7)$$

Лампа ёнган пайтда R_1 қаршиликнинг қиймати сакраб ўзгаради. Системадаги ҳодисаларни урганиш учун R_1 нинг чегаравий қийматларидан фойдаланиш керак.

τ ни бошланғич шартлардан фойдаланиб топиш мумкин. Бу τ вақт оралигида R_1 қаршилик $R_1 = \infty$ дан $R_1 = \text{const}$ гача ўзгаради. Қўрилаётган системада энергия C конденсаторда тупланади. Бу $\frac{1}{2} CV^2$ энергия ҳамма вақт ўзгариб туради. (5) тенгламага $t_1=0$ да $V=V_c$ булиш шартини қўйиб, интеграллаш доимийсининг янги қийматини топамиз:

$$A = \frac{V_c}{R} - \frac{V_c}{R_1} - \frac{V_c}{R'} \quad (8)$$

Ниҳоят (5) формула қуйидаги кўринишга келади:

$$\frac{V}{R'} = \frac{V_c}{R} - \frac{V_c}{R_1} + \left(\frac{V_c}{R'} - \frac{V_c}{R_1} - \frac{V_c}{R} \right) e^{-\frac{t}{RC}} \quad (9)$$

бунда

$$t_1 = \delta - \tau.$$

(9) тенгламадан кўринадик, конденсатордаги V кучланиш чегаравий V_{∞} қийматга асимптотик равишда яқинлашади. Бу кучланиш $t = \infty$ бўлганда (8) формуладан топилади, яъни

$$V_{\infty} = R \left(\frac{V_0}{R} - \frac{V_0}{R} \right) \quad (10)$$

Агар $V_{\infty} < V_0$ бўлса, конденсатордаги кучланиш камая боради (152-расмдаги B нуқта). Бу пайтда лампа ўчади. Конденсатор яна зарядланади, ундаги кучланиш V_0 га етганде лампа яна ёнади (152-расмдаги C нуқта). Юқорида айтилган процесс даврий равишда такрорланади. Шундай қилиб, схемада тебранишлар ҳосил бўлиб туриш шартини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$V_{\infty} < V_0 < V_1 < V_0.$$

(10) дан V_{∞} учун ёзилган ифодани бу тенгсизликнинг чап қисмига қўйиб ва ўрин узгартириб, қуйидагини оламиз:

$$\frac{V_0 - V_1}{R} < \frac{V_0 - V_0}{R}. \quad (11)$$

Бу тенгсизликнинг ўнг қисмидаги миқдор лампанинг хусусиятига боғлиқ бўлиб, чап қисми эса R ва V_0 га боғлиқ экан. Демак, схемада тебраниш вужудга келиши учун V_0 нинг берилган қиймати учун R катта қийматга эга бўлиши керак экан. Бу шарт бажарилмаса лампа ёнмайди.

Демак, (11) шарт лампанинг ёниш шarti экан. Конденсатордаги кучланиш V_0 га етгунча конденсатор зарядланаверади.

Разрядланишга кетадиган t_1 вақтни (9) формуладан топамиз:

$$R' = R + \frac{V_0}{R} + \left(\frac{V_0}{R} - \frac{V_0}{R} - \frac{V_0}{R} \right) e^{-\frac{t_1}{RC}} \quad (12)$$

бундан

$$t_1 = RC \ln \frac{V_0 - V_1 + R - (V_0 - V_0)R}{(V_0 - V_1)R - (V_0 - V_0)R}. \quad (13)$$

Лампа ўчгандан сунг конденсатор яна зарядлана боради. Бу зарядланиш қуйидаги тенгламани қаноатлантириш шарти билан руёбга чиқади:

$$V = V_c - A e^{-\frac{t}{RC}},$$

$$t_1 = \tau - (\tau + \tau_1).$$

Бундаги бошланғич шартлар конденсаторнинг бошланғич зарядланиш шартларидан фарқ қилади. Лампанинг ўчили ва ёниш пайтида конденсатордаги кучланиш сакраб ўзгармаслиги керак, шунинг учун бошланғич шартлар қуйидагича бўлади:

$$t_2 = 0 \text{ булганда } V = V_c. \text{ Бундай шароитда } A = (V_c - V_0).$$

Демак,

$$V = V_c - (V_c - V_0) e^{-\frac{t}{RC}}. \quad (14)$$

Зарядланиш муддати τ_1 қуйидаги муносабатдан топилади:

$$V_1 = V_c - (V_c - V_0) e^{-\frac{\tau_1}{RC}},$$

бундан

$$\tau_1 = RC \ln \frac{V_c - V_0}{V_c - V_1}. \quad (15)$$

Шундай қилиб, схемада тебранишлар вужудга келиш шартлари аниқланди. 152-расмдан кўринишича, I_c ток кучи ўзилишли харақтерга эгадир. V кучланиш баъзи жойларда ўзилишга эга бўлса-да, умуман олганда узлуксиздир. Бундай тебранишлар ўзилишли ёки *релаксацион тебранишлар* дейилади. Неон лампали схемада релаксацион тебранишларнинг пайдо бўлиши учун (11) шарт бажарилиши керак. Релаксацион тебранишлар даври ($\tau_0 = \tau_1 + \tau_2$) (13) ва (15) тенгламалардан топилади, амплитуда эса V_1 ва V_2 қийматлардан топилади.

Ўлчаш

Юқорида чиқарилган шартларни текшириш ва тебранишларнинг даврини аниқлаш шу вазифанинг асосий қисмини ташкил этади.

Катод осциллографи ёрдамида тебранишларнинг шаклини па катта частоталарда уларнинг даврини аниқлаш мумкин. Схемада юқори частотали тебранишлар олиш учун конденсаторнинг сиеми 10000 ва 20000 мкмкф ва қаршилик 1—2 Мом бўлиши керак.

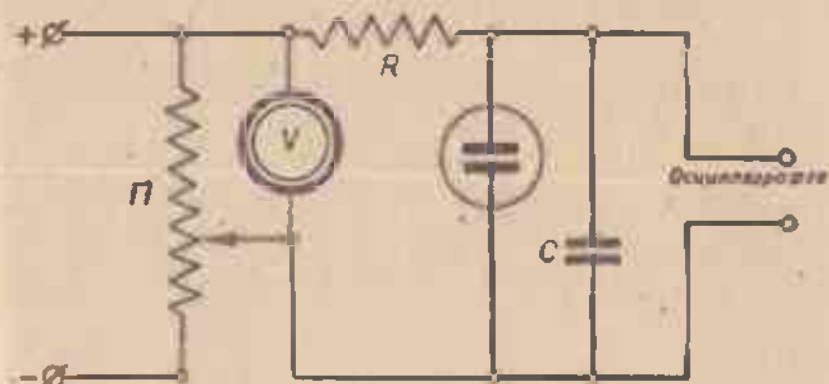
Осциллографга улаш схемаси 153-расмда тасвирланган. Осциллограф экранида керак бўлган манзара ҳосил қилиб, ҳар хил частоталар диапазонидан тулқинларнинг частотаси аниқланади. Бу частоталарнинг лампадаги кучланишга боғланишини аниқлаб, графикда акс эттириш керак. Натижаларни график равишда тасвирлаш ҳамда (13) ва (15) формулалар ёрдамида ҳисобланган давр билан солишти-

тириб куриш керак. Экрандаги тебранишлар шаклини чизиб олиш ёки фоторасмга тушириш лозим.

Бунда қуйидаги ишлар бажарилиши керак:

1. Схемани 148-расмда курсатилгандек улаб, неон лампанинг характеристикаси олипади.

2. 153-расмдан фойдаланиб, осциллограф орқали $\tau = I(V_0)$ нинг чизиқни чизиш зарур. Бу функцияни сизим ва қаршиликнинг ҳар хил қиймати учун чиқариш керак.



153- расм.

Натижаларни ишлаш

1. Характеристикадан фойдаланиб, V_n , V_0 , I_0 , I_n , R_1 ларни топшиш керак.

2. $\tau_n = I(V_0)$ график бўйича $V_{0 \text{ мин}}$ қийматини топиб, қуйидаги ифода ҳисоблаб чиқарилади:

$$\alpha = \frac{I_0(\text{max}) - V_0}{I_0}$$

Назарияга асосан ҳамма қаршиликлар учун α нинг қиймати бир бўлиши керак, яъни

$$\alpha = \frac{V_0 - V_0}{I_0}$$

Бундан фойдаланиб V_0 ни аниқлаш мумкин, чунки характеристикадан топилган V_0 нинг қиймати унча аниқ бўлмайди.

3. $\tau_n = I(V_0)$ боғланишининг назарий равишда олинган (13) ва (15) формулаларга қай даражада мос тушиши бир чизик учун текширилади. $\frac{\tau_n}{I_0}$ нисбатининг V_0 га боғланиши сифат жиҳатдан текширилади.

Ўзгармас ток манбаининг V_0 кучланиши оша борганда V_0 ва V_0 ларнинг асимптоталари кўтарила боради. Биринчиси V_0 чизиқдан узоқлашади, иккинчиси V_0 чизиққа яқинлашади. Шунинг учун ҳам V_0 нинг кичик қийматларида $\tau_1 > \tau_0$ бўлиб, лампа фақат қисқа муддатда ёниб туради. V_0 нинг катта қийматлари учун $\tau_1 < \tau_0$ бўлади ва лампа даврнинг кўп қисмида ёниб туради. Натижада, V_0 ва V_0 фақат лампанинг хусусиятига боғлиқ бўлмасдан, балки ундаги кучланишнинг ўзгариш тезлигига ҳам боғлиқ бўлади.

62-ш. Иккита параллел ўтказгичда тургуи электромагнит тулқинларини текшириш

Керамлик асбоб ва материаллар: 1) учлари чуғланиш лампаси орқали ўзаро уланган иккита узун ўтказгич, 2) ультраюқори частотали генератор, 3) электр манбаи, 4) частотамер, 5) ўтказгични қисқартириш учун металлдан ясалган экран, 6) ўтказгичда ҳосил бўлган катта частотали токнинг синусоида нуқталарини аниқлаш учун ўтказгич бўйлаб кучириш мумкин бўлган чуғланиш лампаси, 7) ўтказгичдаги кучланишнинг қавариқ нуқталарини белгилашда қўлланиладиган махсус лампа.

Иш туғрисида тушунча

Иккита узун ўтказгич ўзаро параллел қилиб тортилади. Ўтказгичларнинг қаршилиги R , индуктивлиги L ва сифими C бир нуқта-сига тулланмасдан, уларнинг ўзуна-сига текис тақсимланган бўлади.

Частотаси ν бўлган синусоидал электр юритувчи куч манбаини чексиз узун жуфт ўтказгичга улаганда улардан электромагнит тулқинлар тарқалади. Ўтказгич бўйлаб тарқалаётган электромагнит тулқини тезлигини v десак, тулқин узунлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$\lambda = \frac{v}{\nu}.$$

Ўтказгич бўйлаб тарқалаётган электромагнит тулқинлар ўзлари билан бирга ток кучи ва кучланишни олиб юради.

Тулқинлар пайдо бўлганидан t вақт ўтгандан кейин абсциссалар x бўйлаб x масофани ўтиб, MN кесмага етиб келади деб фараз қиламиз (154-расм).

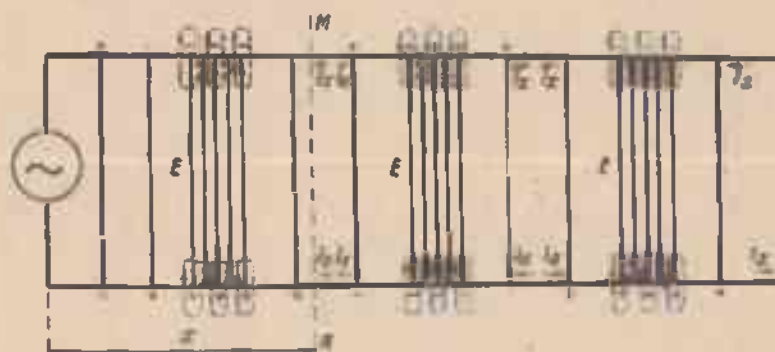
Худди шу нуқтада кучланишнинг оний қийматини U_0 ток кучининг оний қийматини I_0 десак, булар учун тулқин тенгламасини ёзиб, қуйидаги ифодаларни ҳосил қиламиз:

$$U_0 = U_0 \sin 2\pi \left(\nu t - \frac{x}{\lambda} \right) \quad (1)$$

$$I_0 = I_0 \sin 2\pi \left(\nu t - \frac{x}{\lambda} \right) \quad (2)$$

(1) ва (2) формуладаги λ — электромагнит тулқин узунлиги, ν — унинг тебраниш частотаси. Электромагнит тулқинининг тарқалиш тезлиги $0,95c - 0,98c$ га тенг, бунда c — ёруғликнинг бушликдаги тезлиги.

(1) тенглама электр майдони энергиясининг ўтказгич бўйлаб тарқалишини характерлайди. (2) тенглама магнит майдони энергиясининг ўтказгич бўйлаб тарқалишини характерлайди. (1) ва (2)



154-расм.

тенгламалардан кўриниб турибдики, тарқалаётган тулқинда кучланиш ва ток тебранишларининг фазалари узаро тўғри келади. Шундай қилиб, электр майдони ва магнит майдони ўтказгичлар орасида пайдо бўлади.

Майдоннинг кучланганлик вектори ҳар бир ярим тулқинда ўз йўналишини ўзгартиб туради (154-расм).

Магнит майдони куч чизиқлари электр майдони куч чизиқларига тик бўлиб, ўтказгичларни концентрик халқалар шаклида ўраб олади. Магнит майдони куч чизиқларининг йўналиши парма қондасига асосан аниқланади. Чекли узунликдаги жуфт ўтказгичларнинг учлари қисқа уланган ёки учлари очик бўлса, бари бир ўтказгич бўйлаб турғун электромагнит тулқинлар ҳосил бўлади.

Учлари очик бўлган жуфт ўтказгичлар

Агар параллел тортилган иккита ўтказгич учлари очик бўлса, улар бўйлаб узлуксиз тарқалаётган тулқинлар ўтказгичнинг очик учига бориб яна орқага қайтади.

Тарқалаётган ва қайтган тулқинлар узаро қўшилиб интерференцияланади ва турғун электромагнит тулқин ҳосил қилади. Турғун

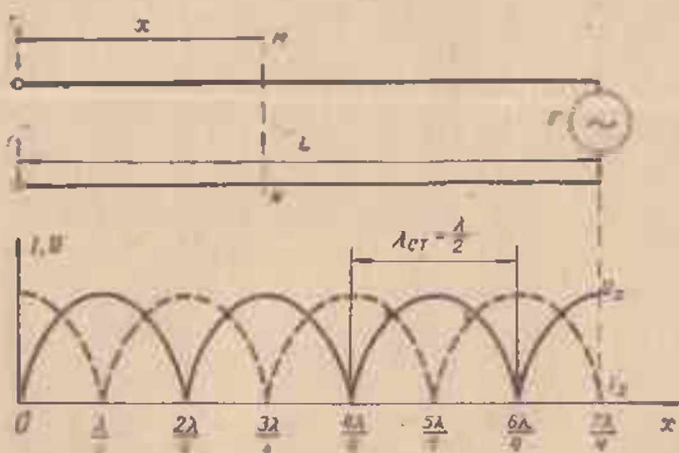
тулқиннинг MN кесимдаги (155-расм) оний кучланиши U_0 ток кучи I_0 турғун тулқин тенгламасига асосан қуйидагича ифодаланади:

$$U_0 = 2U_0 \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \sin 2\pi \nu t, \quad (3)$$

$$I_0 = 2I_0 \sin 2\pi \frac{x}{\lambda} \cos 2\pi \nu t. \quad (4)$$

(3) ва (4) тенгламалардан қуйидаги нагжалар келиб чиқади:

1) турғун тулқин частотаси тарқалувчи тулқин частотасига тенг экан;



155- расм.

2) I ва U тебранишнинг амплитудалари x координатага боғлиқ бўлиб, у полдан тарқалувчи тулқиннинг икки амплитудаси катталигича ўзгаради. Ток ва кучланишнинг тебраниш фазалари чорак $(\frac{\pi}{4})$ даврда ўтказгич бўйлаб чорак тулқин $(\frac{\lambda}{4})$ га силжийди.

(3) тенгламадаги $\cos 2\pi \frac{x}{\lambda}$ функция 1 га тенг бўлганда кучланиш кийматига графикда кавариқлик мос келади. Бунда

$$x = 2k \frac{\lambda}{4} \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

булиши керак.

(4) тенгламада $\sin 2\pi \frac{x}{\lambda} = 1$ бўлганда токнинг графикдаги ҳолатига кавариқлик мос келади ва унинг координатаси қуйидаги шартин қаноатлантиради:

$$x = (2k + 1) \frac{\lambda}{4} \quad (k = 0, 1, 2, \dots).$$

Кучланиш ёки токнинг қушни ёйилиш нуқталари орасидаги масофа ярим тўлқин узунлиги $(\frac{\lambda}{2})$ га тенг, яъни

$$L_1 - L_2 = \frac{\lambda}{2}.$$

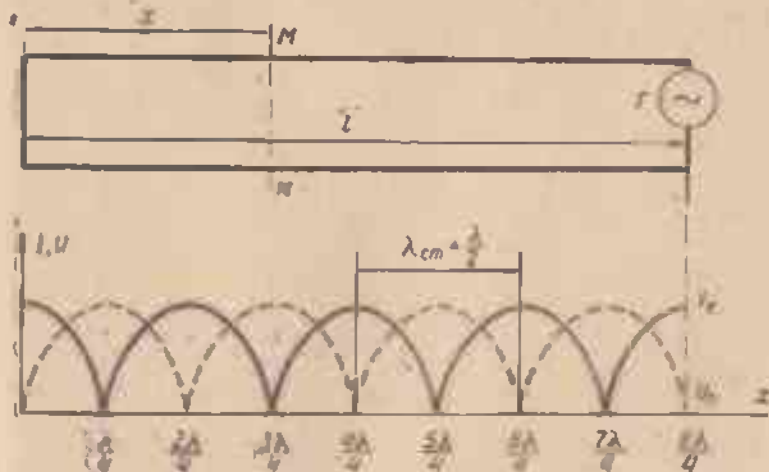
Кучланиш қавариқлигига токнинг тугуни, токнинг қавариқлигига кучланишнинг тугуни жойлашган бўлади.

Кучланиш ёки токнинг қавариқлик нуқтаси билан тугуни орасидаги масофа чорак тўлқин узунлиги $(\frac{\lambda}{4})$ га тенг.

Ўтказгичларнинг очиқ учи ($x = 0$) га ҳамма вақт кучланишнинг қавариқлиги мос келиб, токнинг тугуни мос келади. Агар ўтказгичнинг узунлиги чорак тўлқин узунликларининг тоқ сонларига тўғри келса, у вақтда ўтказгичларда резонанс ҳодисаси рўй бериб, турғун тўлқин ҳосил бўлади.

Қисқа уланган икки ўтказгич

Агар узунлиги чекли ва ўзаро параллел бўлган иккита ўтказгич учлари қисқа уланган бўлса, улардан таркалаётган тўлқин қисқартирилган учларидан орқага қайтади. Бораётган ва қайтаётган тўлқинлар ўзаро интерференцияланиб, ўтказгичларда турғун электромагнит тўлқинлар ҳосил қилади. Ўтказгичнинг MN кесимидаги (156-расм)



156- расм.

ойий кучланиш U ва ток кучи I қуйидаги формула буйича ҳисобланади:

$$U = 2U_0 \sin 2\pi \frac{x}{\lambda} \cos 2\pi \nu t, \quad (5)$$

$$I_0 = 2I_1 \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \sin 2\pi vt. \quad (6)$$

(5) ва (6) тенгламалардан, шунингдек учлари очиқ ўтказгичлар учун чиқарилган (3) ва (4) тенгламалардан қуйидаги хулосалар келиб чиқади:

кучланиш графигидаги қавариқлик жойлашган масофа:

$$x = (2k + 1) \frac{\lambda}{4},$$

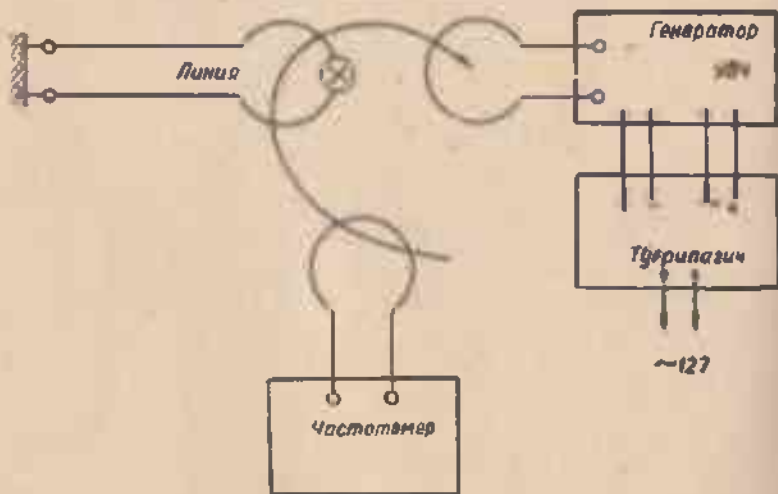
ток графигидаги қавариқлик жойлашган масофа:

$$x = 2k \frac{\lambda}{4}$$

Қисқа туташган ўтказгичлар учида ($x = 0$ да) ҳамма вақт ток графигининг қавариқлиги ва кучланишнинг тугуни жойлашган бўлади.

Агар қисқа туташган ўтказгичда жуфт дона чорак тулқин узунлиги жойлашган бўлса, унда резонанс ҳодисаси рўй беради. Натижада кучли тургун тулқин ҳосил бўлади.

Тургун электромагнит тулқинларининг физик хусусиятини ўрганиш учун 157-расмда кўрсатилган қурилмадан фойдаланилади.



157- расм.

Ультраюқори частотали қурилмалар қуйидагилардан иборат: генератор, иккита ўзаро параллел ўтказгич ва частотомер. Улар бир-бири билан индуктив боғланган. L_1 , L_2 ва L_3 урамлар орасидаги индуктив таъсир кучсиз бўлиб, улар орасидаги ўзаро индуктив боғланиш тажрибадан топилади.

Юқорида баён қилинган кучсиз узаро индуктив таъсир генератор ва частотамерларда содир бўлади.

Параллел ўтказгичларда резонансни икки йул билан:

- 1) текширилаётган генератор частотасини тапилаш,
- 2) тўлқин узунлигини ўзгартириш йули билан ҳосил қилиш мумкин.

Ўтказгичнинг генераторга боғланган томони учидан ҳамма вақт токнинг қавариқ ҳолати пайдо бўлади.

Шу пайтда резонанс ҳодисаси руй бериб, ўтказгич учига уланган чуғланма лампа яхши ёнади.

Ишнинг бажарилиши

Юқорида тасвирланган қурилма турғун электромагнит тўлқинлар олишга ҳамда электромагнит тўлқин узунлиги λ ни улчашга имкон беради.

Очиқ икки ўтказгичда генератор частотасини ўзгартириб резонанс ҳосил қилинади. Резонанс ҳосил бўлганини икки параллел ўтказгич учига уланган чуғланма лампанинг яхши ёнишидан билиш мумкин.

Ўтказгичларда турғун электромагнит тўлқин ҳосил бўлгандан кейин ундаги кучланиш ва токнинг қавариқлик ҳолатлари топилади. Турғун тўлқин кучланишининг қавариқ ҳолатини топиш учун икки ўтказгичга кундузги ёруғлик берувчи лампанинг икки қутбини контактлаб, ўтказгич бўйича ҳаракатлантириб яхши ёнган нуқталарни белгилаб олиш керак.

Турғун электромагнит тўлқиндаги ток кучининг қавариқ ҳолатини топиш учун чуғланма лампани ўтказгич бўйича ҳаракатлантириб, лампанинг яхши ёнган нуқталарини белгилаб олиш керак. Бу нуқталар токнинг қавариқ ҳолатини курсатади.

Кучланиш ёки токнинг қавариқ нуқталарини топгандан сўнг, улар ёрдамида электромагнит тўлқиннинг узунлиги топилади.

Учлари узаро қисқа туташган ўтказгичдаги турғун электромагнит тўлқин узунлигини аниқлашда металл экрандан фойдаланиш керак.

Металл экранни ўтказгич бўйича силжитиб, биринчи резонанс нуқтаси ва яна силжитиш билан 2, 3, 4-резонанс нуқталари ҳосил қилиниб, экраннинг силжиш масофаси ёрдамида қисқа туташган ўтказгичдаги тўлқин узунлиги топилади.

Агар тўлқин узунлиги ва тебраниш частотаси маълум бўлса, (1) тенгламадан тўлқиннинг жуфт ўтказгич бўйича тарқалиш тезлигини аниқлаш мумкин. Тебранишнинг частотаси частотамер ёрдамида улчанади.

63-иш. Ярим ўтказгичларни урганиш

Ҳамма моддаларнинг электр хусусиятларини текшириб, уларни гуҳилга ажратиш мумкин:

- 1) электр тоқини яхши ўтказувчи моддалар — ўтказгичлар,

2) электр токини утказмайдиган моддалар — диэлектриklar,

3) электр токини бир томонга яхши утказиб, тескари томонга ёмон утказувчи моддалар — ярим утказгичлар.

Бу моддаларнинг электр хусусиятлари бир-бирларидан қатъий бирор чегара билан фарқланмайди.

Утказгичларнинг солиштирма қаршиликлари 10^{-6} — 10^{-8} ом·м, диэлектриklarнинг солиштирма қаршиликлари 10^4 — 10^{16} ом·м, ярим утказгичларнинг солиштирма қаршиликлари эса 10^3 — 10^6 ом·м булади.

Утказгич ва ярим утказгичларнинг электр қаршиликлари сифат ва миқдор жиҳатидан температурага боғлиқ. Маълумки, утказгич температурасининг ортиши билан солиштирма қаршилиги ҳам ортади, яъни температурага қараб уларнинг қаршиликлари мусбат коэффициентга эга булади. Ярим утказгичларда, аксинча, бу коэффициент манфий қийматли булади, яъни температурага қараб қаршиликлари манфий коэффициент билан ифодаланади. Утказгичларнинг температура коэффициентлари кичик, ярим утказгичларники эса катта булади.

Ярим утказгичлар ҳақида электронлар назариясининг берган тушуничалари билан танишиб чиқамиз.

Маълумки, ҳамма моддалар атомлардан ташкил топган. Ҳар қандай атом ядроси мусбат зарядли булиб, унинг атрофида орбиталар буйлаб электронлар доим ҳаракатда булади. Утказгичлар (металлар) ва ярим утказгичлар кристалл панжара тузилишига эга. Демак, утказгич ва ярим утказгич атомлари (ионлари) фазода бири-бирига нисбатан тартибли жойлашган булади.

Металл атомларининг асосий хусусияти шундаки, уларнинг ташқи орбиталаридаги электронлари ядро томонидан жуда кучсиз тортилади. Шу сабабли металллар ичида эркин электронлар жуда кўп булади.

Металларда эркин электронларнинг кўп булиши улардан электр токининг яхши ўтишига сабаб булади. Металлнинг температураси кўтарилса, қаршилиги ортади, бунинг сабаби қизиганда унинг эркин электронлари тез-тез кристаллик панжара тугунларига (ионларга) урилиб туришлари туфайли тезликларининг камайишидандир.

Металларда температуранинг ортиши улардаги эркин электронлар сонини кўпайтирмайди, чунки атомларнинг ташқи орбиталаридаги эркин электронлар жуда паст температураларда ҳам кристалл тугунлар орасида эркин ҳаракатланади.

Электронлар сонини кўпайтириш учун атом ядросига яқин қатламларда жойлашган электронларни уриб чиқариш керак. Бунинг учун металлни эриш температурасидан ҳам юқорироқ даражада қиздириш керак.

Металлнинг кристалл панжарасига бегона атомлар аралашиб кирса, унинг кристаллик панжара хусусиятини ўзгартади. Одатда бегона атомларнинг металлга аралашуви унинг электр қаршилигини оширади.

Диэлектрик ва ярим ўтказгич атомларининг ташқи электронлари ўтказгичларники каби осонлик билан ажралиб эркин юра олмайди. Чунки диэлектрик ва ярим ўтказгичларнинг ташқи электронлари ядролари билан мустаҳкам боғланган. Диэлектрик ва ярим ўтказгичларда эркин электронлар сони оз бўлади. Аммо, иссиқлик ва бошқа ионлаштирувчи нурлар таъсирида уларнинг ташқи электронлари атомларидан ажралиб чиқа олади.

Ярим ўтказгичларга бегона атомлар аралаштирилса, кристалл панжара мувозанати бузилади, шу сабабли ярим ўтказгичларнинг қаршилиги ортади, чунки бунда электронларнинг кристалл тугунлари билан туқнашув сонлари ортади.

Баъзи аралаштирилувчи бегона атомларнинг ташқи электронлари ядроси томонидан жуда кучсиз тортилади, шунинг учун уларнинг электронлари осонлик билан ажралиб, ярим ўтказгичларга ўтади.

Шундай бўлганда бу ярим ўтказгичларнинг кристалл панжаралари орасида қушимча электронлар пайдо бўлиб, унинг электр қаршилиги камаяди, яъни электр ўтказувчанлиги ортади.

Ярим ўтказгичлар солиштирма қаршилигининг бундай камайишига электрон ўтказувчанлик ёки n типдаги ўтказувчанлик дейилади.

Асосий атом панжарасида ташқи орбитадан қетиб қолган электроннинг буш ўрини қушни атом электрони келиб ишғол қилиши мумкин. Натижада қушни атом ташқи орбитасида электроннинг ўрни буш қолади. Бу буш қолган ўринни яна қушни атом электронлари эгаллайди ва хоказо.

Шундай қилиб, атомдаги электроннинг буш қолган ўрни узлуксиз ўзгариб туради. Атомда электрон ўринининг буш қолиш хусусиятига «электрон тешик» дейилади.

Маълумки, электрон манфий зарядга эга, унинг буш қолдирган ўрни, яъни «электрон тешиклар» мусбат зарядли деб ҳисобланади. «Электрон тешиклар» электрон йуналишига қарама-қарши силжийди. «Электрон тешикнинг» ҳаракатидан пайдо бўлган электр ўтказувчанликка тешикли ўтказувчанлик ёки p типдаги ўтказувчанлик дейилади.

Техникада куп қулланиладиган n типдаги ярим ўтказгичларга ZnO , WO_3 , FeO_3 , TiO_2 , HO_2 , озгина мишьяк ёки сурьма аралашган германий ва кремний киради. Шунингдек, p типдаги ярим ўтказгичларга CuO , C_2O , HO_3 , озроқ бор ёки алюминий аралашган германий ва кремний киради.

Ярим ўтказгич тайёрлашда қулланиладиган материалларнинг қандай ишлашига ва қандай аралашма қушилишига қараб, уларнинг ўтказувчанлик типлари белгиланади.

Ҳозирги замон ярим ўтказгичли диодлар икки хил контакт билан уланган:

- 1) ярим ўтказгич металл билан уланган,
- 2) n типдаги ёки p типдаги ўтказувчанликка эга бўлган иккита ярим ўтказгич бир-бирига уланган.

Ярим ўтказгич металл билан уланган диодга мисол қилиб мис (I)-оксидли ва селен элементидан ясалган диодларни олиш мумкин. Металл ва ярим ўтказгич контактидаги электр ўтказувчанликни ҳозирги замон назарияси қуйидагича тушунтиради.

Агар диоднинг металл ўтказгичига ташқи электр манбаининг манфий қутби, ярим ўтказгичига эса мусбат қутби уланса, металлдаги электронлар ярим ўтказгичдаги электрон тешиклар томон ҳаракатланади. Натижада диод занжири бўйлаб анча кучли ток оқади. Бу токка тўғри ток дейилади ва I_f билан белгиланади.

Агар диоднинг металл ўтказгичига ташқи электр манбаининг мусбат қутби, ярим ўтказгичига эса манфий қутби уланса контактланган жойдан электронлар узоқлашиб, натижада металл ва ярим ўтказгич контактланган жойнинг чегарасида юпқа диэлектрик хусусиятли қатлам ҳосил бўлади. Бунга бекитувчи қатлам деб аталади. Бекитувчи қатламнинг қаршилиги жуда катта бўлгани учун токни диод занжирига оз ўткази.

Диоднинг икки қутби турли ярим ўтказгичлардан ясалган бўлса, яъни $n-p$ типдаги ёки $p-n$ типдаги ярим ўтказгичлардан ясалган бўлса, улар контактларидаги бекитувчи қатламнинг қаршилиги катта бўлади.

Ярим ўтказгичга ташқаридан берилаётган ток кучланишини ортирган сари бекитувчи қатламнинг қалинлиги камая боради. Бу қатлам қалинлигининг камайиши билан ташқаридан берилаётган электр майдон таъсири кучаяди, шу сабабдан қатламнинг электр ўтказувчанлиги ортади.

Бекитувчи қатламга берилаётган кучланишнинг ортиши билан унинг қалинлиги бирданига камаяди ва ўтказувчанлиги купаяди, натижада қатламнинг қаршилиги бир онда камайиб кетади.

Шунинг учун бундай диодларга озгина I_f кучланиш берилса, уларнинг вольтампер характеристикалари бирданига кўтарилади.

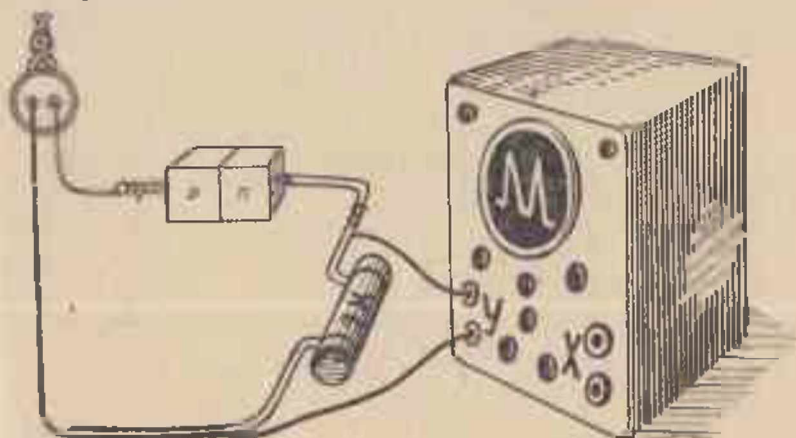
Ярим ўтказгичлардан ясалган диодлар тўғрилагич вазифасини ўтайди. Ҳозирги вақтда ярим ўтказгичлардан ясалган тўғрилагичлардан кенг фойдаланилади. Ярим ўтказгичли диодлар бир неча хил металл ва металлоидлардан тузилган бўлади.

Асосан саноат частотали, яъни 50 Гц ли тоқларни тўғрилашда ишлатиладиган мис (I)-оксидли ва селенли тўғрилагичларки мисолга келтириш мумкин. Мис (I)-оксидли тўғрилагич қуйидагича тузилган: мисдан ясалган пластинка ёки доира (қалинлиги 1 мм) юзасига термик ишлов бериш йўли билан юпқа мис (II)-оксиди (CuO) қатлами қопланган. Мис (I)-оксидли диод устига кургошиндан қилинган шайба бекитилган. Шу шайба диоднинг аноди вазифасини ўтайди.

Селенли тўғрилагич иккита турли металл электродлардан па улар орасига жойланган юпқа қатлам—кристалл селендан ташкил топган. Селен қатламнинг қалинлиги 0,05—0,1 мм. Электрод вазифасини никелланган темир шайба бажаради; у одатда тоқли электрод дейилади.

1-машқ. Ярим ўтказгичларнинг туғрилагич сифатида ишлатилиши

Бу машқни бажаришда $p-n$ типдаги ўтказувчанликка эга бўлган диод, 3 ком қаршилиқ, осциллограф ва ўзгарувчан ток тармоғи керак.



158- расм.

Олдин, тегишли схема бўйича осциллографни ўзгарувчан ток манбаига улаб, осциллограф экранида синусоидал тасвир олиш керак.

Кейин асбобларни (158-расм) курсатилган схема бўйича ўзгарувчан ток манбаига улаш керак.

Сунг экранда синусоидал бўлмаган пастки томонни кесилган синусоидал, яъни арра тишларига ухшаш тасвири кураимиз. Демак, диод токни бир томонга ўтказар, яъни туғрилагич вазифасини утар экан.

2-машқ. Диоднинг вольтампер характеристикасини олиш

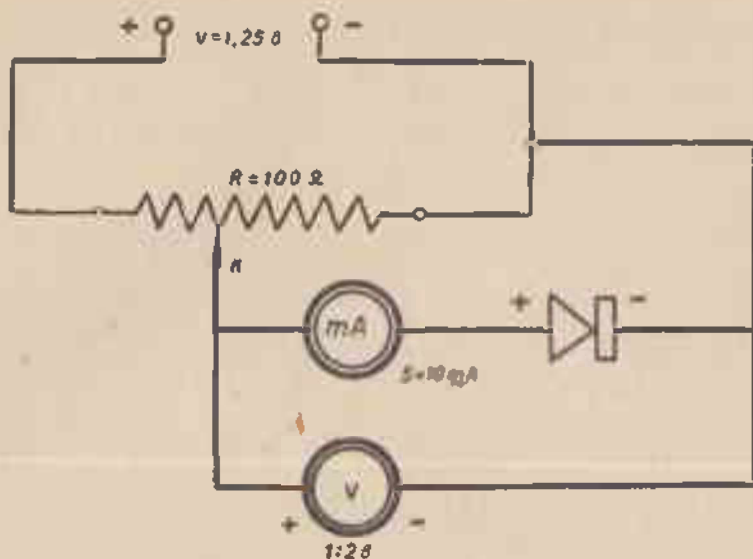
Диоддаги тула ток катталигининг кучланишга боғлиқлигини қуйидаги формула ифодалайди:

$$I = I_s + I_a + I_0 e^{eV/kT} - I_0 \quad (1)$$

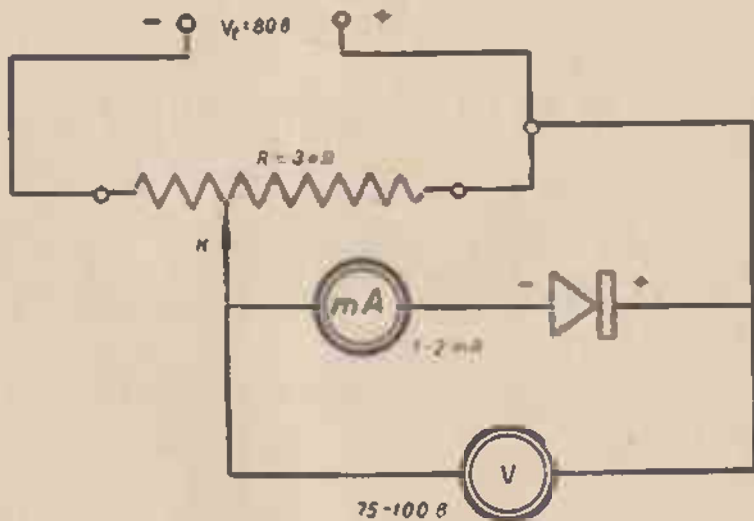
Бундан

$$I = I_s + I_a + I_0 \left(e^{eV/kT} - 1 \right)$$

Бунда I_s — электрон токининг тўйингандаги қиймати, I_a — тегишли ўтказувчанликдаги токнинг тўйингандаги қиймати, e — электрон заряди, k — Больцман доимийси, T — абсолют температура.



159- расм.



160- расм.

Агар манфий кучланиш берилган бўлса, (1) формула қуйидагича ёзилади:

$$I = I_0(e^{-\frac{U}{U_T}} - 1). \quad (2)$$

(1) ва (2) формулалардан кўриниб турибдики, диоддан ўтаётган токнинг кучи унга берилаётган кучланишнинг катталигига ва йўналишига боғлиқ экан.

Диоднинг вольтампер характеристикасини олиш учун асбобларни 159-расмда тасвирланган схема бўйича бир-бирига улаш керак. K контактни у ёқ-бу ёқда суриб, вольтметрнинг курсатишини 0 дан 0,7 вольтгача ўзгартириб, миллиамперметрнинг курсатишини ёзиб олиш керак. Тескари йўналишли токнинг характеристикасини олиш учун диодни 160-расмда тасвирланган схема бўйича улаш керак.

Бунинг учун K контактни ҳаракатлантириб вольтметрнинг курсатишини 0 дан 40 в гача аста-секин ўзгартириб, миллиамперметрнинг курсатишини ёзиб олиш керак.

IV БОБ ОПТИКА

64-иш. Фотометр ёрдамида чуғланма лампанинг ёруғлик кучини аниқлаш ва ёруғлик майдонини ўрганиш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) 4 сирпанеҷчи оптик тағлик, 2) Лум ер—Бродхун фотометри, 3) ёруғлик манбаи, 4) вертикал патронга урнатилган чуғланма лампа, 5) вертикал айлана оладиган горизонтал патронга урнатилган чуғланма лампа, бунинг градусли лимби бор.

Иш туғрисида тушунча

Одатда ёнма-ён қўйилган иккита оқ сиртнинг ёритилганлигини бир-бирига солиштириш йули билан ёруғлик манбаининг кучини аниқлаш мумкин.

Бунда фотометрлардан фойдаланилади.

Ёруғлик оқимига перпендикуляр булган сиртнинг ёритилганлиги нуқтавий манбаининг I ёруғлик кучига туғри, манбадан сиртгача булган r масофанинг квадратига тескари пропорционалдир, яъни:

$$E = \frac{I}{r^2}.$$

Агар биринчи манбанинг ёруғлик кучи I_1 ва ундан фотометргача булган масофа r_1 , иккинчи манбанинг ёруғлик кучи I_2 ва ундан фотометргача булган масофа r_2 бўлиб, шу икки манба ёритаётган майдоннинг иккала қисми ҳам бир хил ёритилса, яъни $E_1 = E_2$ булса:

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$$

ёки

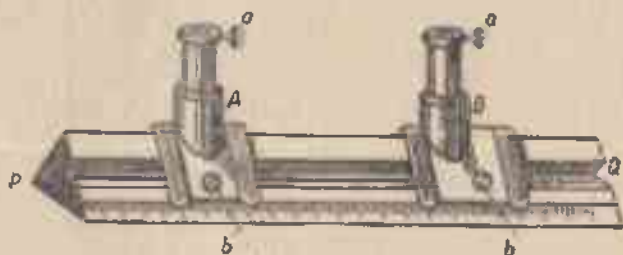
$$I_2 = I_1 \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad (1)$$

Агар биринчи манбанинг ёруғлик кучи маълум булса, r_1 ва r_2 масофаларни ўлчаб, (1) формула ёрдамида иккинчи манбанинг ёруғлик кучини ҳисоблаш мумкин.

Асбобнинг тузилиши

Оптик таглик (161-расм) уч қиррали PQ металл призмадан иборат бўлиб, унинг узунлиги 0,5 м дан 2 м гача бўлади. Призма устида A ва B сирпанғичлар силжий олади.

Бу сирпанғичларнинг юқори қисми найча шаклида бўлиб, a винтлар ёрдамида керакли асбобларни унга маҳкамлаш мумкин. b винт эса A ва B сирпанғични тагликка маҳкамлаш учун хизмат қилади.



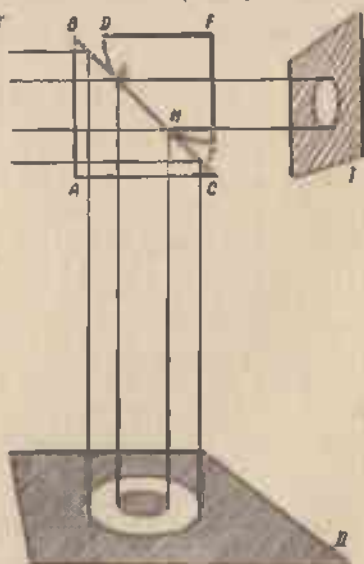
161- расм.

Луммер—Бродхун фотометрининг асосий қисми тўғри бурчакли иккита шиша призмадан иборат бўлиб, улардан бирининг гипотенузасига оид ёғининг фақат урта қисми текислигича қолдирилиб четлари тарашланган бўлади. Призмалар бир-бирига гипотенузалари билан шундай жипслаштириладики, уларнинг тегиб турган жойлари бир жинсли шаффоф жисмдек бўлади (162-расм).

Агар ABC призманинг AB томонига нурлар дастаси туширилса, ундан фақат GH орқали утувчи нурларгина синмасдан утиб, қолган қисмидан, яъни призманинг BG ва HC қисмидан утувчи нурлар тўла ички қайтади.

Шунинг учун AC томондан кузатаётган киши ёруғ ҳалқанинг уртасида қоронғи тўгарак (II) куради (162-расм).

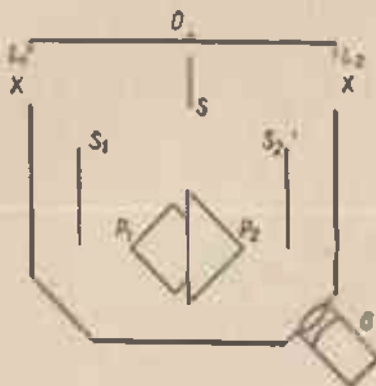
AB томонга тушган ёруғлик призмаларнинг тегиб турган ўрта қисмидан утиб, четларидан қайтганлиги учун ёруғ тўгарак (I) ку-



162- расм.

ринади. Призмалар фотометр ичига 163-расмда кўрсатилгандек жойлаштирилади.

Ёруғлик кучи солиштириб текшириладиган L_1 ва L_2 ёруғлик манбаларининг нурлари ёруғликни сочиб юбуровчи оқ S экранга тушади. Оқ экрандан текис тарқалувчи нурлар унга симметрик қуйилган S_1 ва S_2 кузгуларни ёритади. S_1 ва S_2 кузгулардан қайтган нурлар P_1 ва P_2 призмаларнинг ёқларига тушади.



163- расм.

Бу призмаларга O лупа орқали қаралганда (163- расм) S_1 кузгудан қайтиб P_1 призмадан синмасдан утган ёруғлик ва S_2 кузгудан қайтиб P_2 призманинг туташмаган қисмидан қайтган ёруғлик кўринади.

Хулоса қилиб айтганда, кузатувчи ёруғ ҳалқа ва унга чегарадош булган кучсизроқ ёки кучлироқ ёритилган тугаракни куради.

Фотометрни таглик бўйлаб чап ёки унғ томонга силжитиб куриш майдонидаги ҳалқа билан тугаракнинг ёритилганлиги орасидаги фарқни йўқотиш мумкин. Ёритилганлик орасидаги фарқ йўқотилганда S эк-

раннинг иккала томони бир хил ёритилган бўлади. Шундан кейин, иккала ёруғлик манбаидан S экрангача булган масофаларни (r_1 ва r_2) улчаниб, биринчи манбанинг ёруғлик кучи I_1 маълум бўлса, иккинчи манбанинг I_2 ёруғлик кучи (1) формуладан топилади.

Ишнинг ба жарилиши

Чўғланма лампанинг ёруғлик кучини аниқлаш

Энг аввал A ва B сирпанғичларни оптик тагликнинг икки учига урнатиб, уларнинг бирига ёруғлик кучи маълум булган чўғланма лампа (эталон) ва иккинчисига ёруғлик кучи аниқланиши керак булган чўғланма лампа урнатилади.

Тагликда фотометрни чапга ва унғга силжитиб, куриш майдонидаги ҳалқа ва тугаракнинг ёритилганликлари орасидаги фарқни йўқотишга эришиш керак.

Кейин ҳар икки ёруғлик манбаидан фотометргача булган r_1 ва r_2 масофалар улчанади.

Биринчи ёруғлик манбаининг I_1 кучи маълум деб, улчаб олинган r_1 ва r_2 масофаларни (1) формулага куйиб, иккинчи манбанинг номаълум I_2 ёруғлик кучи топилади.

Тажрибани бир неча марта такрорлаб, ёруғлик манбаларидан экрангача булган r_1 ва r_2 масофаларни узгартириб, I_2 нинг бир неча қийматлари топилсин ва унинг уртача қиймати ҳисоблансин.

Чуғланма лампанинг ёруғлик майдонини ўрганиш

Бунинг учун биринчи чуғланма лампанинг ёруғлик кучини маълум (эталон) деб ҳисоблаб, иккинчисининг ёруғлик майдони урғанилади. Иккинчи градусланган вертикал уқ атрофида чуғланма лампанинг 0° ҳолатидаги ёруғлик кучи юқорида топилган каби топилади.

Сунгра лампанинг ҳолатини ҳар гал $10-15^\circ$ га буриб, унинг янги ҳолатлардаги ёруғлик кучлари айрим-айрим топилади.

Лампа ҳолати 180° га мос келгунча ишни такрорлаш лозим.

Аниқланган ёруғлик кучларининг қийматларини қутб координаталарига қўйиб, ҳосил бўлган нуқталарни бирлаштириб, эгри чизиқ чизилади. Ёруғлик кучининг қийматлари қутб координатининг радиусларига қўйилади.

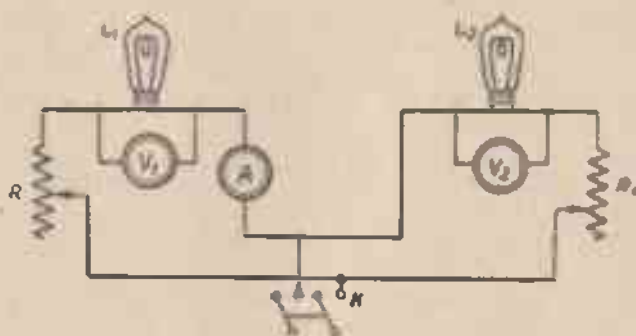
Графикнинг 180° дан 360° гача буш қолган қисмига олинган графикка симметрик равишда график чизилади.

65- иш. Электр лампочкаларининг солиштирма қувватини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) оптик тағлик (3 та сирпангичи билан), 2) фотометр, 3) амперметр, 4) иккита вольтметр, 5) иккита реостат, 6) калит, 7) лампочка патрони (3 дона), 8) нормал (эталон) лампочка, 9) текшириладиган лампочка.

Иш туғрисида тушунча

Электр лампочасининг солиштирма қуввати деб, бир бирлик ёруғлик кучи ҳосил қилиш учун зарур бўлган электр энергиясига



164- расм.

миқдор жиҳатдан тенг бўлган физик катталиққа айтилади. У электр лампочасининг тежамлигини характерловчи асосий физик катталиқдир.

Агар лампочка толасини чуғлантирувчи токнинг қувватини W билан, ҳосил булган ёруғлик кучини I билан белгиласак, электр лампочканинг солиштирма қуввати η қуйидагига тенг бўлади:

$$\eta = \frac{W}{I}. \quad (1)$$

Қувват бирлиги қилиб *ватт*, ёруғлик кучининг бирлиги қилиб *шам* олинади.

Солиштирма қувват катталиги лампа толасининг температура-сига боғлиқдир. Шунинг учун ҳам солиштирма қувват катталиги ҳар хил лампочкалар учун турлича бўлади. Лампочка толасининг температураси узгариши билан унинг солиштирма қуввати тез ка-маяди.

Асбобнинг тузилиши

Ёруғлик кучини улчаида фотометр ишлатилади. Призмаларининг бир-бирига тегиб турган сиртлари маълум шаклда кесиб узгартирилган Луммер—Бродхун фотометри ёруғлик кучини аниқ улчайди. Бу фотометр призмаларининг тегиб турган сиртларига унинг трубаси орқали қараганда кузатувчига 3 та концентрик ҳалқа куринади. Ҳалқалар бир хил ёритилса, концентрик ҳалқаларнинг чегараси йўқола боради. Ток қувватини аниқлашда ток кучи ва кучланишни аниқ улчайдиган амперметр ва вольтметр ишлатилади. Бу асбоблар занжирга 164-расмда курсатилган схема буйича уланади.

Схемада A —амперметр, V_1 ва V_2 —вольтметр, K —калит, R_1 —реостат, R_2 —реостат эса L_1 лампочканинг чуғланишини узгартиш учун хизмат қилади.

Ёруғлик кучи эталони сифатида L_1 электр лампочкаси олинади. L_1 лампочкага маълум кучланиш берилганда лампочканинг ёруғлик кучи маълум қийматга эга бўлади.

Эталон лампочканинг клеммасига берилган кучланишни узгармас ҳолда сақлаш учун R_2 реостат ёрдамида V_2 вольтметрнинг курсатиши кузатиб турилади.

Шуни ҳам ҳисобга олиш керакки, ҳар хил лампочкаларнинг ёки турлича қиздирилган бир хил лампочкаларнинг ёритилганликларини таққослаганда турли рангдаги нурлар пайдо бўлади. Бундай ҳолда таққослаш тахминий бўлиб, улчаш натижасининг аниқлиги паст бўлади.

Ёруғлик кучини аниқроқ улчаш учун спектрнинг айрим қисмларининг ёритилганлигини таққослаш керак. Икки манбанинг ёруғлик спектрини бир хил қилиш учун ёруғлик фильтри ёки спектрофотометрдаи фойдаланиш мумкин.

Эталон лампочкали патронни 161-расмда курсатилган оптик тагликдаги сирпанғичнинг бирига урнатилади. Асбобларни 164-расмдаги схема буйича уланади.

Сирпанғичнинг турган жойини тагликдан ёзиб олинади.

Текшириладиган лампочкали патронни иккинчи сирпанғичга ур-
натилади. Лампочкаларни вертикал ёки горизонтал патронга шун-
дай урнатиш керакки, уларнинг чуғланувчи толалари фотометрға
параллел булсин. Шу пайтдаги сирпанғичнинг ҳолати ёзиб олина-
ди. Шундан сунг занжир тармоққа уланади.

R_2 реостатнинг сирпанғичини шундай жойлаштириш зарурки,
 V_2 вольтметр тажриба учун керакки булган кучланишни кўрсат-
син. Тажриба давомида бу кучланиш катталигини ўзгартирмасдан
сақлаш зарур. Текшириладиган лампочкага берилиши мумкин бул-
ган максимал кучланишдан бошлаб фотометр ёрдамида ёруғлик
кучини то кучланишнинг ярмига қадар улчашни давом эттириш
керак.

Ёруғлик кучини улчаш пайтида V_1 вольтметрдан кучланиш ва
 A амперметрдан ток кучи ёзиб олинади. L_1 лампадаги ток кучини
 $0,01—0,02$ а дан ўзгартириб турилади.

Электр токининг қуввати:

$$W = IV, \quad (2)$$

бунда I — лампочкадан утаётган ток кучи, V — лампочканинг клем-
маларидаги кучланиш.

Ҳар бир бирлик қувват учун сирпанғичларнинг фотометрғача
булган r_1 ва r_2 масофаларини улчаб,

$$I_1 = I_2 \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad (3)$$

формула ёрдамида текширилаётган лампочканинг ёруғлик кучи то-
пилади.

(2) формула ёрдамида лампочкаларга сарф қилинган электр
энергиясининг қуввати аниқланади. Сунгра бу қийматларни (1)
формулага қўйиб, текширилаётган лампочканинг солиштирама қув-
вати топилади. Тажрибанинг охирида ёруғлик кучининг қувватга
боғлиқлигини ва, шунингдек, солиштирама қувватнинг ток кучига
боғлиқлигини кўрсатадиган графиклар чизилади.

66- иш. Қавариқ ва ботиқ линзаларнинг фокус оралигини аниқлаш

1. Қавариқ линзанинг фокус оралигини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) оптик таглик, 2) қавариқ
линза, 3) махсус қути ичига жойлаштирилган электр лампочкаси, 4) масштаб-
экран, 5) оптик труба.

Иш туғрисида тушунча

Қурилманинг тузилиши: экран, линза, оптик труба ва махсус
қутига жойлаштирилган электр лампочкаси горизонтал қўйилган
оптик таглик устига урнатилади. Уларни таглик бўйлаб силжитиш
мумкин.

Лампочка ўрнатилган қутининг олд томонига қоғоз ёпиштирилиб, унинг устига стрелка чизиб қўйилган. Бу стрелка жисм ролини ўйнайди. Қурилмадаги асбобларни (экран, линза, труба, қути) уларнинг марказлари бир хил баландликда турадиган қилиб ўрнатади. Экран ва қути олдида чизилган стрелка оптик тағлиқка тик, аммо линзанинг бош оптик ўқи эса тағлиқка параллел бўлиши шарт.

Қурилмадаги асбоблар орасидаги масофа тағлиқдаги сантиметрларга бўлинган шкаладан улчанади.

Каварик линзанинг бош фокус масофаси қуйидагича аниқланади.

1-усул

Фокус оралиғини линза билан буюм ва линза билан тасвир орасидаги масофаларга қараб аниқлаш.

Агар буюм билан линза орасидаги масофани a орқали, тасвир билан линза орасидаги масофани b орқали белгиласак, бу линзанинг фокус оралиғи:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (1)$$

$$f = \frac{a \cdot b}{a + b} \quad (2)$$

формула билан ифодаланади. (Линзанинг қалинлиги a , b ва f га нисбатан кичик бўлгандагина бу формуладан фойдаланиш мумкин.)

Оптик тағлиқнинг бир томонига масштабни экран ва иккинчи томонига қутига жойлаштирилган лампочканинг қоғоз ёпиштирилган томонини экранга қаратиб қўйилади. Улар орасига линза жойлаштирилади. Стрелканинг тасвири экранга аниқ тушмагунча линзани тағлиқнинг чап ва унг томонига силжитиб турилади.

Стрелканинг тасвири аниқ бўлганда линза ҳолатини белгилаб, a ва b ларнинг қийматлари ёзиб олинади, a ва b ларнинг қийматини (2) формулага қўйиб, линзанинг бош фокус масофаси f нинг қиймати топилади.

Шу тажрибани бир неча марта такрорлаб, f нинг ўртача қийматини олиш керак.

2-усул

Фокус оралиғини буюм билан унинг тасвири катталиғига ва линза билан тасвир орасидаги масофага қараб аниқлаш.

Буюм катталиғини l , тасвир катталиғини L ва линзадан буюмгача бўлган масофани a билан, тасвиргача бўлган масофани b би-

лан белгилайлик. Бу катталикларнинг узаро боғланиши бизга маълум:

$$\frac{l}{L} = \frac{a}{b}.$$

бундан

$$a = b \frac{l}{L}.$$

a нинг бу қийматини (1) формулага қўйиб, линзанинг фокус оралигини топамиз:

$$1 = b \frac{l}{L + l} \quad (2)$$

Стрелка чизилган қороз билан экран орасига линза жойлаштириб, экранда стрелканинг катталашган тасвирини ҳосил қилиш керак.

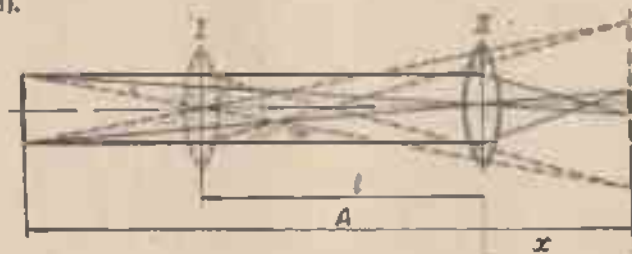
Чизғич ёрдамида стрелка катталигини улчаб, сунгра экранда ҳосил булган тасвир катталигини улчаш керак. Тасвир билан линза орасидаги масофани тағлиқдаги сантиметрли шкаладан аниқлаш мумкин. Юқорида улчанган қийматларни (3) формулага қўйиб, линзанинг фокус оралиги топилади.

Экран билан лампочка жойлаштирилган қути ҳолатини узгартириб, бу тажрибани бир неча марта такрорлаш ва f нинг ўртача қийматини олиш керак.

3-усул

Линзани силжитиши йўли билан унинг фокус оралигини аниқлаш.

Агар буюм (стрелка) билан унинг тасвири орасидаги A масофа линзанинг тўртланган фокуси ($4f$) дан катта булса, линзанинг икки хил ҳолатида ҳам буюмнинг тасвири ҳосил булади, аммо (I) ҳолатда тасвир кичрайган бўлиб, (II) ҳолатда катталашган булади (165-расм).



165-расм.

Ҳар икки ҳолатда ҳам линза буюм билан унинг тасвири орасидаги масофанинг ўртасида симметрик равишда туради:

$$l = \frac{(A - l - x)(x + l)}{A}$$

Иккинчи ҳолати учун:

$$l = \frac{(A - x)x}{A}.$$

Бу тенгламаларнинг ўнг томонларини тенглаштириб, қуйидагини ёзамиз:

$$x = \frac{A - l}{2},$$

бунда x — кичиклашган тасвирдан экрангача бўлган масофадир. x нинг бу қийматини $A - l - x$ ифодасига қўйсак,

$$A - l - x = \frac{A - l}{2}$$

ифода чиқади, яъни ҳақиқатан, линза иккала вазиятда ҳам буюмдан ва тасвирдан баробар узоқликда жойлашган ва шунинг учун буюм билан тасвир орасидаги масофанинг ўртасига нисбатан симметрик бўлади. Линзанинг фокус оралигини топиш учун линзанинг вазиятларидан бирини, масалан, биринчисини қўриб чиқамиз; линза биринчи вазиятда турганда буюм билан линза орасидаги масофа:

$$a = \frac{A - l}{2}.$$

Линза билан тасвир орасидаги масофа:

$$b = \frac{A + l}{2}.$$

a ва b нинг қийматларини (2) формулага қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$f = \frac{A^2 - l^2}{4A}. \quad (3)$$

Буюм билан экранни бир-биридан $A > 4f$ масофага қўйиб, улар орасига линза жойлаштирилади. Линзани оптик тағлик бўйича чап ва ўнг томонга суриб, буюмнинг яққол тасвири, масалан, аслидан катта тасвири ҳосил қилинади.

Тағликдаги сантиметрли шкаладан линзанинг турган ўрнини ёзиб олинади. Сунгра, линзани силжитиб буюмнинг аслидан кичик тасвири ҳосил қилинади. Линзанинг мана шу ҳолатини тағликдаги сантиметрли шкаладан ёзиб олинади.

Бу тажрибани бир неча марта такрорлаб, экран билан буюм оралиги A ва линза силжиш масофасининг ўртача қиймати l топилади. Олинган қийматларни (4) формулага қўйиб, қавариқ линзанинг фокус оралиги топилади.

4-усул

Фокус оралигини куриш трубаси воситасида аниқлаш

Маълумки, линзанинг бош фокусидан чиққан нурлар линзадан ўтиб, бош оптик ўққа параллел кетади. Бу усул линзанинг мана шу хусусиятига асосланган.

Оптик трубани ундан анча узоқдаги буюмга туғриланади. Оптик тагликка оптик труба, трубанинг объективи олдига текшириладиган линза қўйилади. Линзадан сўнг стрелка чизилган қутичадаги лампочка ўрнатади. Сўнгра линзани у ёқ-бу ёққа суриб, труба ячида стрелканинг аниқ тасвири кўрингандан кейин буюм (стрелка) билан линза орасидаги масофа улчанади. Бу оралиқ эса биз текшираётган линзанинг фокус оралигидир.

11. Ботиқ линзанинг фокус оралигини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) бешта сирпанғичли оптик таглик, 2) ботиқ линза, 3) кўриш линза, 4) ярим шаффоф экран, 5) ёриткич, 6) куриш трубаси.

Иш туғрисида тушунча

Сирпанғичларга ўрнатилган асбоблар худди аввалги ишда айтилгандек оптик таглик устига жойлаштирилади. Ботиқ линзанинг фокус оралиги қуйидаги усуллар билан аниқланади.

1-усул

Фокус оралигини линза билан буюм ва линза билан тасвир орасидаги масофаларга қараб аниқлаш.

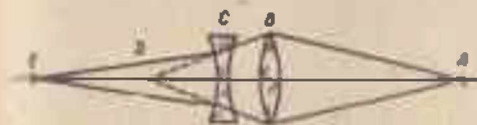
Агар A ёруғлик манбаидан чиқаётган нурлар йўлига йиғувчи B линза қўйсак, нурлар линзадан ўтгандан сўнг D нуқтада тупланиб, ёруғлик манбаининг тасвирини беради (166-расм).

Агар B линза билан D нуқта орасига C линза қўйсак, унда нурларнинг ҳақиқий фокуси V линзадан узоқлашади. Ҳақиқий фокус E нуқтага ўтади.

Линзалар системасида нурларнинг қайтимлигига асосан бу ерда нурларни E

нуқтадан тарқалаётир деб қарашимиз мумкин. Бу тарқалувчи нурларнинг кесишган D нуқтаси E нуқтанинг мавҳум тасвири бўлади.

Б. масофани a билан, DC масофани b билан ва ботиқ C лин-



166-расм.

занинг фокус оралигини f билан белгиласак, b ва f нинг ишораси манфий бўлганлиги учун (1) формула қуйидагича ёзилади:

$$-\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}, \quad (5)$$

бундан

$$f = \frac{ab}{a-b} \quad (6)$$

Оптик тагликларга ёритгич, йиғувчи линза ва ярим тиниқ экран жойлаштирилади. Экранни унғ ва чап томонга ҳаракатлантириб, ёритгичнинг аниқ тасвирини олишга эришиш керак.

Экраннинг аниқ тасвир ҳосил қилингандаги вазияти оптик тагликдаги сантиметрли шкаладан белгилаб олинади.

Экранни бир томонга силжитиб, унда ёритгич тасвирини яна аввалгидек аниқ кўриш керак. Тагликдаги сантиметрли шкаладан экран вазияти яна белгилаб олинади. Бу ишни 8—10 марта такрорлаб, экран вазияти D этилган рақамларнинг уртача қийматини билиб олиш керак. Бу уртача қиймат D нуқтани курсатади (166-расм).

Сунгра йиғувчи B линза билан топилган нуқта D орасига тарқатувчи C линзани жойлаштириб, экранни чапга сурамиз. Бунда экранга ёритгичнинг аниқ тасвирини тушириш зарур.

Бу ишни ҳам 8—10 марта такрорлаб, экран вазиятининг уртача қийматини белгилаб олиш керак. Экраннинг бу вазияти E нуқтани курсатади.

EC ва DC масофаларини ўлчаб, (6) формула ёрдамида тарқатувчи линзанинг фокус оралиги ҳисоблаб чиқарилади.

2-усул

Фокус оралигини кўриш трубаши воситасида аниқлаш

Агар D нуқта тарқатувчи линзанинг бош фокусига тўғри келса, (5) формулага асосан, E нуқта чексизликда бўлиши керак, яъни нур сингандан сунг линзанинг оптик ўқиға параллел кетиши лозим.

Тарқатувчи линзанинг фокус оралигини аниқлашнинг 2-усули линзанинг мана шу хусусиятига асослангандир.

Худди 1-усулда куриб ўтганимиздек, D нуқта йиғувчи линза ёрдамида аниқланади. Йиғувчи линза билан D нуқта орасига тарқатувчи C линза жойлаштирилади. Сунгра C линзанинг орқасига чексизликка тўғрилانган оптик труба ўрнатилади. Тарқатувчи линзани у ёқ-бу ёққа силжитиб, оптик труба ичида ёритгичнинг аниқ тасвири ҳосил қилинади.

Тарқатувчи линзанинг тасвир аниқ қуришгандаги вазияти оптик тагликдаги сантиметрли шкаладан белгилаб олинади. Бу тажрибани 8—10 марта такрорлаб, тарқатувчи линза вазиятининг уртача қиймати олинади. Экраннинг қайд қилган вазияти билан линзанинг бу вазияти орасидаги масофа шу линзанинг фокус оралиги бўлади.

67- иш. Шишанинг синдириш кўрсаткичини микроскоп билан аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) микроскоп, 2) бир томонида қора нуқталари булган шиша пластинка, 3) ҳар икки томонида белгиси булган текшириладиган шиша пластинка, 4) бир томони белгиланган шиша кузгу, 5) шиша пластинка қалинлигини улчайдиган микрометр.

Иш тўғрисида тушунча

Агар шиша пластинкадан унинг тагидаги бирор буюмга қаралса, буюм ҳақиқий турган жойидан бир оз юқорироқда куринади, чунки нур шишадан ўтганида синади.

Шишанинг синдириш кўрсаткичи (n) ни унинг d қалинлиги ва жисм турган S нуқтанинг кутарилган бўлиб кўринган a баландлиги орқали топиш мумкин.

Кузатувчининг кузи пластинка сиртидаги S нуқтада тик ўтказилган нормал йўналишида булсин деб фараз қилайлик. Нормалга нисбатан кичик φ бурчак билан йўналган SB нурни текширамыз (167-расм).

Текшириладиган нур B нуқтага келиб синади ва нормалга нисбатан ψ бурчак билан ҳавога чиқади.

Нурларнинг синиш қонунига асосан:

$$\frac{\sin \psi}{\sin \varphi} = n.$$

Бундан

$$\sin \psi = n \sin \varphi. \quad (1)$$

Кузатувчи учун шу нур S' нуқтадан чиққандай бўлиб куринади. Шишанинг қалинлиги:

$$d = AS.$$

Бизни

$$a = AS - AS'$$

миқдор қизиқтиради. ABS ва ABS' учбурчаклардан:

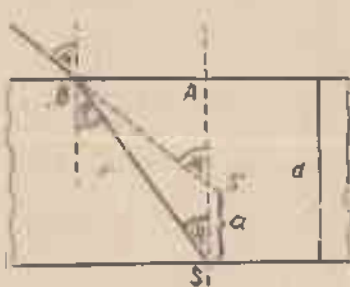
$$AB = AS' \operatorname{tg} \psi$$

ва

$$AB = AS \operatorname{tg} \varphi = d \operatorname{tg} \varphi.$$

Юқоридагилардан:

$$AS' \operatorname{tg} \psi = d \operatorname{tg} \varphi$$



167- расм.

ёки:

$$\frac{d}{AS'} = \frac{d}{d-a} = \frac{\text{tg } \varphi}{\text{tg } \psi}.$$

φ ва ψ бурчаклар жуда кичик булганлиги учун тангенслар нисбатини синуслар нисбати билан алмаштириш мумкин, яъни:

$$\frac{d}{d-a} = \frac{\sin \psi}{\sin \varphi}.$$

(1) формуладан фойдаланиб, қуйидагини ёза оламиз:

$$\frac{d}{d-a} = \frac{n \sin \varphi}{\sin \varphi} = n. \quad (2)$$

Ишнинг бажарилиши

(2) формуладан кўриниб турибдики, шиша пластинка қалинлиги d ва унинг тагидаги буюмнинг гуё кўтарилгандай бўлиб кўринган баландлиги (a) ни аниқлаш билан шишанинг синдириш курсаткичи (n) ни аниқлаш мумкин. Жисмнинг кўтарилгандай бўлиб кўринган a баландлиги тубусни жуда аниқ силжити оладиган микровинтли микроскоп билан топилади.

a нинг қиймати уч хил усул билан аниқланади:

1) микроскоп тагидаги буюмнинг тасвири равшан кўрингандан сунг буюм устига шиша пластинка қўйилади ва микроскоп тубусини силжитиб яна яхшироқ тасвири ҳосил қилинади.

Тубуснинг иккала ҳолати орасидаги фарқ билан a ни белгилади. d ва a ларнинг қийматини (2) формулага қўйиб, шишанинг n синдириш курсаткичини аниқлаш мумкин.

Буюм вазифасини шиша пластинкадаги қора нуқталар бажаради. Шиша пластинкани буюм устига текшириш учун қўйилади;

2) предмет столчасига остки ва устки сиртлари белгиланган шиша пластинка қўйилади.

Пластинканинг устки сиртидаги белгилар ярим тиниқ бўлиши керак. Дастлаб, пластинканинг устки сиртидаги белгининг тасвири туширилади, сунгра тубусни силжитиб, пластинканинг пастки сиртидаги белгининг тасвири туширилади.

Шисанинг d қалинлигини аниқлаб, тубусни $d-a$ масофага силжитилади ва пастки сиртдаги белгининг тасвири кузатилади. Тубуснинг силжиши:

$$d - a = b.$$

Бу ифодани (2) формулага қўйиб, қуйидаги тенгликни ҳосил қиламиз:

$$n = \frac{d}{b}. \quad (3)$$

Текшириладиган шиша пластинканинг синдириш курсаткичини (3) формула ёрдамида аниқлаш мумкин;

3) сирти белгиланган шишанинг сирланган томонини пастга ва белги қўйилган томонини юқорига қилиб, микроскопнинг предмет столчаси устига қўйилади.

Микроскоп окулярига караб, аввал ойна сиртидаги белгини, сунгра тубусни силжитиб ойна ичидаги белгини топиш керак.

Бунда тубуснинг силжиши:

$$b = 2(d - a).$$

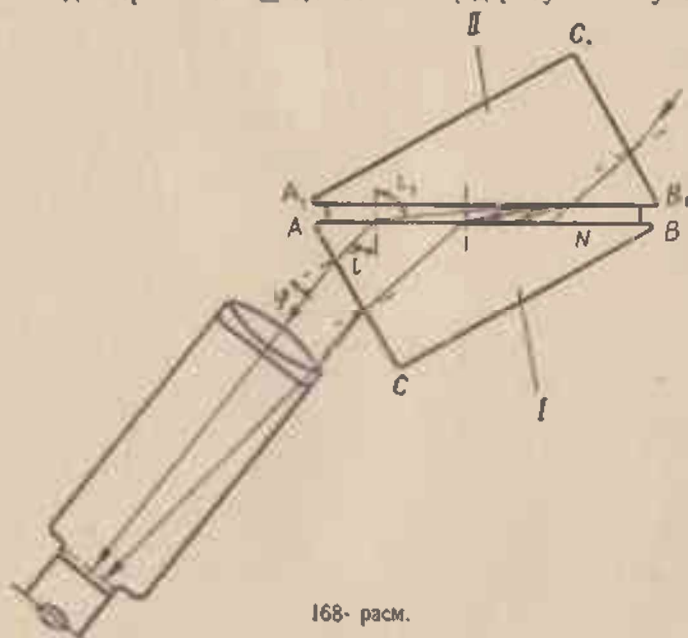
Тажрибадан b нинг қийматини ҳисоблаб, (3) формула ёрдамида шишанинг синдириш курсаткичини аниқлаш мумкин.

Топилган натижалар қуйидаги жадвалга ёзилади:

1- усул			2- усул			3- усул		
d	a	$n = \frac{d}{d-a}$	d	b	$n = \frac{d}{d-b}$	d	b	$n = \frac{2d}{2d-b}$

68- иш. ИРФ-22 рефрактометри ёрдамида суюқликларнинг синдириш курсаткичини ва уртача дисперсиясини аниқлаш

ИРФ-22 рефрактометри тўғридан-тўғри қаттиқ жисм ва суюқликларнинг синдириш курсаткичини 1,3—1,7 интервалда ва уртача дисперсиясини аниқлаш учун ишлатилади. Ўлчашда йўл қўйиладиган хато жуда кичик бўлиб, синдириш курсаткичиники $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ ва уртача дисперсияники $\pm 1,5 \cdot 10^{-4}$ га қадар бўлиши мумкин.



168- расм.

Асбобнинг оптик схемаси ва ишлаш принципи

Ёруғлик синдириш курсаткичи турлича булган икки муҳит чегарасидан ўтганда содир буладиган ҳодиса бу асбобнинг ишлаш принципига асос қилиб олинган.

Шаффоф суюқликларнинг синдириш курсаткичи ундан ўтувчи ёруғликда аниқланади. Текшириладиган суюқликнинг бир неча том-чиси I ва II призмаларнинг (168-расм) гипотенуза ёқлари орасига қўйилади.

I призманинг AB ёғи яхши силлиқланган бўлиб, у ўлчаш призмаси дейилади, II призманинг A_1B_1 ёғи унча яхши силлиқланмаган (хира) бўлиб, у ёритувчи призма дейилади.

Ёруғлик манбаидан келаётган нурлар II призманинг C_1B_1 ёғидан синиб ўтади; нурлар A_1D_1 ёғидан сочилиб чиқиб, турли хил йўналиш билан суюқликка ўтади. Текшириладиган жисм (суюқлик)нинг синдириш курсаткичи I призманинг синдириш курсаткичидан кичик булгани учун ёруғлик нурларининг ҳаммаси суюқлик билан шиша чегарасида синиб, I призмага ўтади. Синиш қонунига асосан:

$$n \sin i' = N \sin i, \quad (1)$$

бу тенгламадаги: n — текшириладиган жисм (суюқлик)нинг синдириш курсаткичи, i' — нурнинг тушиш бурчаги, N — I призманинг синдириш курсаткичи, i — нурнинг синиш бурчаги. (1) тенгламадан:

$$\sin i = \frac{n \sin i'}{N}. \quad (2)$$

Бундан кўринадики, тушиш бурчаги ортиши билан синиш бурчаги ҳам катталашади. $\angle i' = 90^\circ$ бўлганда синиш бурчаги максимал қийматга эришади. Шу пайтда нур AB сиртда сирпаниб кетади. Тушиш бурчаги 90° бўлгандаги синиш бурчагининг максимал қиймати чегара бурчак ёки лимит бурчак дейилади, I ва II призмалар ораси ниҳоятда кичик булгани учун катта бурчак остида тушувчи нури сирғанувчи нур деса бўлади. У ҳолда $\angle i' = 90^\circ$ ва $\sin i' = 1$ бўлади. Буни (2) формулага қўйсақ,

$$\sin i = \frac{n}{N} \quad (3)$$

бундан

$$n = N \sin i.$$

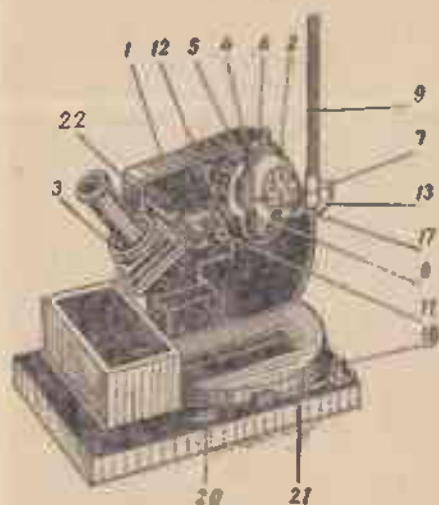
Агар нурнинг I призма AC ёғидан синиши ҳисобга олинган бўлса синдириш курсаткичини ҳисоблаш формуласи анча мураккаб бўлади. Агар призмадан чиқаётган нурлар йўлига кўриш трубаси қўйсақ, у ҳолда трубада кўриш майдонининг пастки қисми ёритилган, устки қисми қоронғи бўлиб кўринади. Бундай бўлишига тула ички қайтиш ҳодисаси сабаб бўлади. Кўриш трубасидан кузатиб, ёруғлик чегараси крест билан устма-уст туширилади ва асбоб шка-

ласидан синдириш курсаткичининг қиймати ёзиб олинади. Крест билан чегарани устма-уст тушириш учун призмани расм текислигига тик йўналган уқ атрофида бурилади.

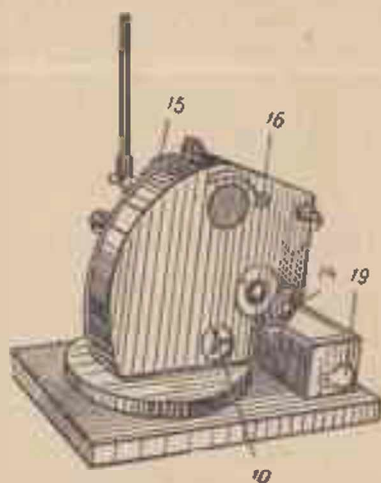
Асбобнинг тузилиши

Рефрактометр қуйидаги қисмлардан: 1) корпус, 2) улчаш системаси, 3) куриш трубаси ва саноқ системасидан иборат.

Улчаш системаси асбобнинг корпусига маҳкамланган булиб, ичи ковак иккита қуйма ярим шарлардан иборат. Улар ёритувчи ва улчаш призмаларини тутиб туради.



169- расм.



170- расм.

Текшириладиган модда, айниқса суюқликларнинг синдириш кўрсаткичи температурага боғлиқ бўлгани учун ҳам улчаш вақтида уларнинг температураси узгармаслиги керак. Шу мақсадда ярим шарлардан сув ўтиб турадиган камералар қилинган. Уларга шлангдан сув юбориб турилади. Улчаш системаси асбобнинг ичига жойлашган. Ёруғлик ва қоронғулик чегарасини турдаги крестга устма-уст тушириш учун 10 маховикни (170-расм) айлантириб, улчаш системаси бурилади. Улчашда ёруғлик нурлари ишлатилганда кузатилаётган қисм чегарасининг рангини йўқотиш зарур. Шу пайтда уртача дисперсияни ҳисоблаш учун иккита тўғри куриш призмасидан иборат компенсатор хизмат қилади.

11 маховик (169-расм) ёрдамида бир вақтнинг ўзида икки призмани икки томонга айлантириш ва шу билан компенсатор дисперсиясини узгартириш ҳамда қисмлар чегарасидаги рангдорликни йўқо-

тиш мумкин. Компенсатор билан бирга шкалани 12 барабан айлантилади. Ундан уртача дисперсия аниқланади; текшириладиган жисм (суюқлик) 13 кузгу (169-расм) билан ёритилади. Ишчи бажаришга киришишдан олдин рефрактометрнинг завод чиқарган тавсифи билан ҳам тапишиб чиқинг.

1-машқ. Шаффоф суюқликларнинг синдириш курсаткичини ўлчаш

Ўлчаш призмаси юзига шиша таёқча билан бир неча томчи текшириладиган суюқликдан томизиб, унинг устига ёритувчи призма ёпилади.

15 тешикдан қараб (170-расм) призмалар оралиги суюқликка текис тулганини текшириб курамыз. Улар орасида ҳаво пуфакчаси қолмаслиги зарур. 13 кузгунини шундай ўрнатиш керакки, ундан қайтган ёруғлик 15 тешикдан ўтиб ва ёритувчи призмага тушиб, кўриш майдонини яхши ёритсин. Шу ҳолатда кузгу 16 винт билан маҳкамлаб қўйилади. Ўлчашда оқ ёруғлик ишлатилади. Оқулардан қараб, 10 маховикни бураш билан ёруғлик ва қоронғилик чегараси топилади. 11 маховик билан унинг ранги йўқотилади. Қисмлар чегарасига крест устма-уст туширилади, бунда 10 маховикдан фойдаланилади. Оптик трубадан қараб, асбоб ичидаги қўзғалмас горизонтал шкала чизигига туғри келган рақам ёзиб олинади. Бу рақам текшириладиган жисмнинг (суюқликнинг) синдириш курсаткичи бўлади.

Қўзғалмас горизонтал чизик ҳисоблаш нуқтасидир. Шкаладаги бутун сонлар, ундан бир ва юздан бир улушлар кузга чамалаб аниқланади.

2-машқ. Ўртача дисперсияни аниқлаш

Ўртача дисперсияни аниқлашда ҳам текшириладиган жисм (суюқлик) олдинги машқдаги каби призмалар орасига солинади. Компенсатор призмаларидан бирининг иккинчисига нисбатан бурилиши дисперсия ўлчови бўлиб хизмат қилади. Бунинг учун эса 11 маховик рангдорлик бутунлай йўқолгунча буралади. Шу вақтда натижа (саноқ) 120 булакка бўлинган 12 барабандан олинади. Барабанини 180° гача (60 булим) бураганда компенсатор дисперсияси бир призма дисперсиясининг нолдан бошлаб икки барабанига тенг бўлган барча қийматларни олади. Агар қисмлар чегарасининг рангини йўқотиб, маховикни уша йўналишда барабанининг курсаткичи олдинги қийматига келгунча бурасак, қисмлар чегараси яна рангсиз бўлади. Ўлчаш вақтида барабанининг икки томонидан ҳам 4—5 марта саноқ олиш ва унинг ўрта қиймати z ни топиш лозим. Мазкур модданинг синдириш курсаткичи билан z орасидаги боғланиш жадвалидан ўртача дисперсиянинг ($n_d - n_c$) қиймати топилади.

Бунинг учун n_D нинг ўлчаб топилган қиймати учун шу ишдаги 1-жадвалдан A ва B нинг қийматлари топилади, бундаги A ва B миқдорлар n_D га боғлиқдир. Агар n_D нинг ўлчаб топилган қиймати учун A ва B миқдорлар жадвалда берилмаган бўлса, улар интерполяция усули билан ҳисоблаб топилади.

z ни топиш учун σ миқдор аниқланади. z нинг каср қийматлари учун ҳам σ уша жадвалдан интерполяция усули билан аниқланади. Шунинг ҳисобга олини керакки, z нинг 30 дан ортиқ қиймати учун σ маъний қиймат олади. A , B ва σ нинг жадвалдан олинган қийматларига асосан ўртача дисперсия

$$n_F - n_C = A + B\sigma \quad (1)$$

формуладан аниқланади.

20° С даги сув учун $n_D = 1,3330$.

Ўртача ва нисбий дисперсияни аниқлаш учун тубандаги мисолни келтирамиз; компенсатор барабанини айлаштириш натижаси:

Бир томонли бўйича	Ўнқача томонли бўйича
41,7	42,1
41,7	42,2
41,6	42,0
42,0	41,9
41,8	41,9
Ўртача 41,8	42,0

Умумий ўрта қиймати:

$$z = \frac{41,8 + 42,0}{2} = 41,9.$$

$n_D = 1,3330$ ни билганимиз ҳолда 1-жадвалдан A ва B нинг қийматларини топамиз:

$$A = 0,02418,$$

$$B = 0,03122.$$

$z = 41,9$ қийматга қараб шу ишдаги 2-жадвалдан σ нинг сон қийматини топамиз:

$$\sigma = -0,584.$$

Энди A , B ва σ нинг сон қийматларини (1) га қўйиб ўртача дисперсияни топамиз:

$$n_F - n_C = A + B\sigma = 0,02418 - 0,3122 \cdot 0,584 = 0,00596.$$

Нисбий дисперсияни аниқлаш учун аввало текширилатган жисм учун Аббе сонини аниқлаш лозим, маълумки Аббе сони

$$\gamma = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$$

ифодадан аниқланади.

$$\gamma = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} = \frac{1,3330 - 1}{0,00596} = \frac{0,3330}{0,00596} = 55,8.$$

1-жадвал

Уртача дисперсияни топиш

n_D	A	Δ	B	Δ	n_D	A	Δ	B	Δ
1,300	0,02437		0,03168		1,510	0,02356		0,02558	
1,310	0,02431	-6	0,03155	-13	1,520	0,02354	-2	0,02509	-49
1,320	0,02425	-6	0,03141	-14	1,530	0,02353	-1	0,02457	-52
1,330	0,02420	-5	0,03125	-16	1,540	0,02352	-1	0,02403	-54
1,340	0,02415	-5	0,03108	-17	1,550	0,02352	-0	0,02346	-57
1,350	0,02410	-5	0,03089	-19	1,560	0,02352	-0	0,02287	-59
1,360	0,02405	-5	0,03069	-20	1,570	0,02352	-0	0,02225	-62
1,370	0,02401	-4	0,03047	-22	1,580	0,02353	-1	0,02160	-65
1,380	0,02396	-5	0,03023	-24	1,590	0,02354	+1	0,02092	-63
1,390	0,02392	-4	0,02998	-25	1,600	0,02356	+2	0,02021	-71
1,400	0,02388	-4	0,02971	-27	1,610	0,02358	+2	0,01947	-74
1,410	0,02384	-4	0,02942	-29	1,620	0,02361	+3	0,01869	-78
1,420	0,02380	-4	0,02912	-30	1,630	0,02365	+4	0,01786	-83
1,430	0,02376	-4	0,02880	-32	1,640	0,02370	+5	0,01698	-88
1,440	0,02373	-3	0,02846	-34	1,650	0,02376	+6	0,01605	-93
1,450	0,02370	-3	0,02810	-36	1,660	0,02383	+7	0,01506	-99
1,460	0,02364	-6	0,02773	-37	1,670	0,02391	+8	0,01400	-106
1,470	0,02362	-2	0,02734	-39	1,680	0,02400	+9	0,01286	-114
1,480	0,02359	-3	0,02693	-41	1,690	0,02411	+11	0,01162	-124
1,490	0,02359	-0	0,02650	-43	1,700	0,02425	+14	0,01025	-137
1,500	0,02357	-2	0,02605	-45					
		-1		-47					

z	σ	Δ	z	z	σ	Δ	z
0	1,000	—1	60	16	0,669	—38	44
1	1,999	—4	59	17	0,629	—40	43
2	0,995	—7	58	18	0,588	—41	42
3	0,988	—10	57	19	0,545	—43	41
4	0,978	—12	56	20	0,500	—45	40
5	0,966	—15	55	21	0,454	—46	39
6	0,951	—17	54	22	0,407	—47	38
7	0,934	—20	53	23	0,358	—49	37
8	0,914	—23	52	24	0,309	—49	36
9	0,891	—05	51	25	0,259	—50	35
10	0,886	—47	50	26	0,208	—51	34
11	0,839	—30	49	27	0,156	—52	33
12	0,809	—32	48	28	0,104	—52	32
13	0,777	—34	47	29	0,052	—52	31
14	0,743	—36	46	30	0,000	—52	30
15	0,707	—38	45				

69-иш. Бипризма воситасида ёруғликнинг тулқин узунлигини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) бипризма, 2) ёруғлик манбаи, 3) конденсатор, 4) тирқишли диафрагма, 5) шкалали тиниқ экран, 6) микроскоп, 7) филтрлар, 8) фокус масофаси маълум булган линза.

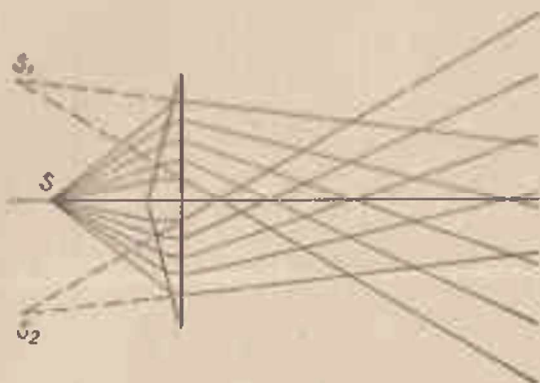
Иш туғрисида тушунча

Бипризма синдириш бурчаклари кичик (тахминан 30°) булган ва асослари бир-бирига тақалган иккита призмадан иборатдир (171-расм).

Тирқишдан чиқаётган ёруғлик шуъласи бипризмада сингандан сунг, худди тирқишнинг иккита мавҳум S_1 ва S_2 тасвиридан чиқаётгандек, бир-бирини қопловчи иккита шуълага ажралади. S_1 ва S_2 манбалар когерент булгани учун, бипризма орқасидаги фазода шуъ-

лаларнинг кесишиш соҳасида турғун интерференцион манзара ҳосил бўлади. Бундан фойдаланиб интерференция берувчи ёруғликнинг тулқин узунлигини топиш мумкин:

$$\lambda = \frac{(l_k - l_m)}{(k - m)L} \quad (1)$$



171-расм.

Бунда: a — мавҳум S_1 ва S_2 манбалар орасидаги масофа, L — мавҳум S_1 ва S_2 манбалар турган текисликдан экрангача бўлган масофа, $(l_k - l_m)$ — интерференциянинг k - ва m - тартибли хира чизиқлари орасидаги масофа, $(k - m)$ — хира чизиқлар уртасидаги ёруғ интерференцион чизиқларнинг сони.

Ишнинг бажарилиши

Бу миқдорларни аниқлаш учун оптик тагликка ўрнатилган би-призмадан фойдаланамиз (172-расм).

Бипризма тирқишдан 70—80 см масофада синдирувчи қирралари



172-расм.

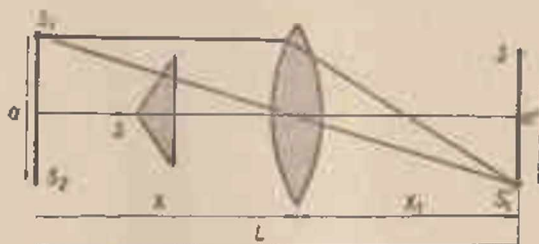
ри вертикал вазиятда бўладиган қилиб ўрнатилади. Бипризмадан 30—50 см нарида окуляр микрометр ўрнатилади. Ёритгич дарчаси, тирқиш уртаси, бипризма ва окуляр микрометр бир хил баландликда бўлиши шарт. Тирқиш маълум даражагача торайтирилиб, уни бипризманинг горизонтал ўқи атрофида бир оз буриб,

тирқиш бипризма қиррасига параллел вазиятга келтирилади. Шундай қилинганда интерференцион манзара жуда аниқ бўлади.

Энди S_1 ва S_2 манбалар орасидаги a масофани аниқлаймиз:

$$a = a' \frac{F}{x_1 - F} \quad (2)$$

Бунда x_1 — линзадан S_1 ва S_2 манбаларнинг тасвиригача бўлган масофа бўлиб, уни оптик таглик шкаласидан аниқлаш мумкин.



173-расм.

Иккинчи томондан, 173-расмдан фойдаланиб:

$$\frac{a}{a'} = \frac{x}{x'} \quad (3)$$

тенгликни ёзиш мумкин. (2) ва (3) формулалардан фойдаланиб, қуйидаги формулани ёзамиз:

$$\frac{a - a'}{x_1} = \frac{a'}{x_1 - F}$$

Бунда

$$a - a' = x = L.$$

У вақтда

$$L = \frac{x_1^2}{x_1 - F} \quad (4)$$

(2) ва (4) формуладан a ва L нинг қийматини (1) формулага қўйсак:

$$\lambda = \frac{(x_1 - L) \cdot a_1 F}{k - m} \cdot \frac{1}{x_1^2} \quad (5)$$

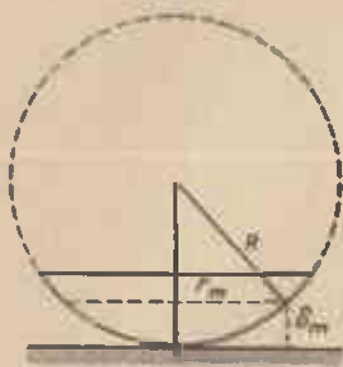
Бу формуладан фойдаланиб, ҳар хил филтрлардан ўтиб интерференцияланувчи ёруғликнинг тулқин узунлигини аниқлаш мумкин.

70-иш. Ньютон ҳалқалари воситасида линзанинг эгрилиги радиусини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) вертикал ёритгичли улчаш микроскопи, 2) кузойнак линзаси, 3) қора шиша пластинка, 4) натрий алангали лампа, 5) симоб лампаси, 6) ёруғлик филтрлари.

Иш тўғрисида тушунча

Эгрилиги кичик булган линзанинг қавариқ сирти пластинканинг яхшилаб силлиқланган ясси сиртига тегиб турганда Ньютон ҳалқалари куринади. Бу ҳолда сиртлар орасидаги ҳаво қатлами марказдан четларга томон аста-секин қалинлашиб боради. Агар линзага монохроматик ёруғлик шуъласи тушса, шу ҳаво қатламининг юқориги ва пастки чегарасидан қайтган ёруғлик тулқинлари узаро интерференцияланади. Натижада қуйидаги манзарани курамиз: марказда хира доғ, унинг атрофида эса тобора торайиб боровчи қатор концентрик ёруғ ва хира ҳалқалар булади. Ёруғлик тушаётган томонга қарши томондан кузатганда бу ҳодисанинг аксини курамиз, яъни марказида ёруғ доғ бўлиб, олдинги ҳолдаги ёруғ ҳалқалар урнида хира ҳалқалар, хира ҳалқалар урнида эса ёруғ ҳалқалар куринади.



174- расм.

Қайтган ёруғликда Ньютон ҳалқаларининг катталигини ҳисоблаймиз. Интерференцияни ҳаво қатламининг устки ва пастки сиртларидан қайтган тулқинлар ҳосил қилгани учун, фазалар фарқини ҳисоблашда нур йулининг ҳаво қатлами ичидаги фарқинигина эмас, балки шиша-ҳаво ва ҳаво-шиша чегарасидан қайтишда юзага келган электр ва магнит векторлари фазаларининг узгаришини ҳам назарга олиш керак. Бу узгариш оқибатида электр вектор учун ҳам, магнит вектор учун ҳам қушимчи фазалар фарқи π га тенг булади. Шиша-ҳаво чегарасидан қайтишда электр векторнинг фазаси узгармайди, иккинчи қайтишда эса π қадар узгаради, магнит вектор учун эса аксинча, биринчи қайтишда π қадар узгариб, иккинчи қайтишда узгармайди. Натижада электр вектор учун ҳам, магнит вектор учун ҳам нурларнинг йул фарқи $\frac{\lambda}{2}$ қадар ортади, демак, тула оптик йул фарқи

$$\Delta = 2\delta_m + \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

бўлиб, бунда δ_m —ҳаво қатламининг қалинлигидир. Бу қалинлик геометрик йул билан ҳисоблаб топилади (174- расм):

$$\delta_m = \frac{r_m^2}{2R} \quad (2)$$

бунда r_m — m -ҳалқанинг радиуси, R — линзанинг эгрилик радиуси, m -хира ҳалқанинг ҳосил бўлиш шарти:

$$\Delta = (2m+1) \frac{\lambda}{2}. \quad (3)$$

(1), (2) ва (3) формулалардан қуйидагини оламиз:

$$r_m = \sqrt{m R \lambda}. \quad (4)$$

m қанча катта бўлса, қўшни ҳалқаларнинг радиуслари орасидаги фарқ шунча кам бўлади, яъни ҳалқалар шунча зич бўлади.

Ёруғ ҳалқанинг радиуси қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$r_m = \sqrt{(2m-1) R \frac{\lambda}{2}}. \quad (5)$$

(4) ва (5) формуладан R (ёки λ) ни топиш мумкин.

Эластик деформация туфайли линза билан текис пластинканинг бир-бирига тегиб турган жойи бир нуқтада идеал равишда тегиб турмайди. Шунинг учун ҳам R (ёки λ) ни иккита ҳалқанинг r_m ва r_n радиусларининг фарқига қараб ҳисобланса тўғрироқ натижа беради.

R ни ҳисоблаш формуласи қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda}. \quad (6)$$

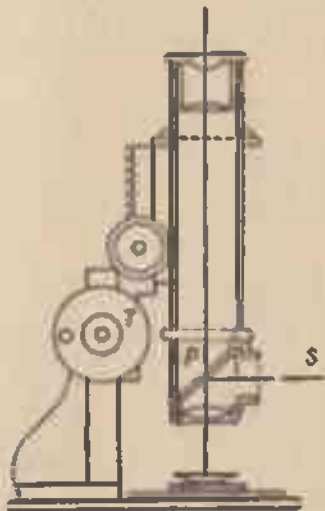
Ҳисоблаш осон бўлиши учун (6) ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$R = \frac{r_m^2 - r_n^2 + r_n^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda}. \quad (7)$$

Асбобнинг тузилиши

Микроскоп столчасига силлиқ қора шиша пластинка қўйилади ва пластинкага текшириладиган линза махсус қисқич воситасида маҳкамланади (175-расм).

Микроскоп тубусига ён дарчали кичикроқ трубадан иборат вертикал ёритгич урнатилади. Труба ичига унинг дарчаси рўпарасига шиша пластинка (P) қўйилади. Бу пластинка расмда курсатилмаган винт воситасида микроскоп ўқига нисбатан 45° бурчак остида урнатилиши лозим. S манбадан чиққан ёруғлик P пластинкага тушиб, ундан қайтади ва микроскоп остидаги линзага тушади. Микроскоп тубусини расм текислигига тик бўлган йўналиш



175- расм.

буйича T барабанга урнатилган микрометрик винт воситасида силжитиш мумкин. T барабан бир марта тула айлантирилганда, тубус $0,5 \text{ мм}$ га силжийди. Барабanning тула айланиш сони микроскопнинг ҳаракатланувчи қисмига урнатилган махсус шкала буйича ҳисобланади. Айланиш тула булмаса, T барабан шкаласидаги булимдан ҳисобланади.

Линза эгрилик радиусини аниқлашда (биринчи машқда) монохроматик ёруғлик манбаи сифатида натрий лампаси ишлатилади. Иккинчи машқда симоб лампаси олинади ва улар асбобдан бир оз нарироқда ёритгич дарчаси билан бир хил баландликда урнатилади. Симоб лампаси чиқарган ёруғлик нурлари бир неча айрим равшан чизиқлардан иборат булади. Бу равшан чизиқлардан яшил, сариқ ва бинафша рангдагиларини кузатиш қулайдир. Нурларнинг йулига тегишли равишда танлаб олинган ёруғлик филтрлари қўйиб, лампа спектридаги бу чизиқларни яққол кўриш мумкин.

1- машқ. Линзанинг эгрилик радиусини топиш

Натрий лампани ёқиб, ёритгич дарчасининг қаршисига урнатилади. Линзани олиб, микроскоп устига миллиметрли бир парча қоғоз қўйилган қора шиша пластинкага фокусланади.

Сунгра линзани олдинги вазиятда ўз жойига қўйиб, қора пластинкани линза пластинканинг бир-бирига тегиб турган нуктаси микроскоп кўриш майдони марказига роса тушадиган қилиб жойланади. Мана шу ҳолда ҳаво қатлами билан линза чегарасида ҳосил буладиган Ньютон ҳалқалари аниқ кўриниши керак.

Агар ҳалқалар аниқ кўринмаса, линзани олмасдан микроскопнинг фокусланиши тузатилади. Агар линза билан пластинканинг тегиб турган жойида хира доғ урнига ёруғ доғ кўринса, унда линза ва пластинка сиртлари орасига чанг кириб қолган булади. Бу чанг замш билан артилиши лозим.

Барабани айлантириш билан крест қилиб тортилган ипнинг марказини Ньютон ҳалқаси марказидан узоқ жойлашган бирор қора ҳалқага, масалан, 20- ҳалқага тугрилаб, сунгра ҳисоблаш утказиш керак.

Микроскоп шкаласи ва барабанидан силжиш катталиги ҳисобланади. Бу тажрибани бир ҳалқа учун бир неча марта такрорлаб, ўртача қиймати олинади. Ундан сунг худди шу йул билан ип крести навбати билан 19, 18 ва 17- ҳалқаларга тугриляниб, улар учун ҳам ҳисоблаш утказиш керак.

Ёруғ ҳалқалар устида ҳам шундай ҳисоблашлар утказилади.

Олинган маълумотлардан ҳалқаларнинг аввал диаметрлари, сунгра радиуслари аниқланади.

Ҳалқаларни иккита-иккитадан олиб, (7) формула буйича линзанинг эгрилик радиуси R ҳисоблаб топилади.

Эгрилик радиусини аниқроқ чиқариш учун k - ҳалқа радиусини $\frac{k}{2}$ - ҳалқа радиуси билан $(k-1)$ - ҳалқа радиусини $(\frac{k}{2}-1)$ - ҳалқа радиуси билан бирга олиб ҳисоблаш лозим, бунда k —ўлчанган ҳалқаларнинг сони. k нинг топилган қийматларидан урта арифметик қиймат олинади.

2-машқ. Симоб лампаси чизиқларининг тулқин узунлигини топиш

Симоб лампасини ёқиб, уни натрий лампанинг урнига қуйилади. Ёритгич дарчасига керакли ёруғлик филтрини урнатиб, юқорида (1-машқда) баён қилинган ишларни такрорлаш керак.

Олинган натижаларни ва линзанинг k эгрилик радиусини (7) формулага қуйиб, симоб лампасидан чиққан яшил, сариқ ва бинафша нурларининг тулқин узунликлари топилади.

71-иш. Ёруғлик интерференциясини урганиш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) оптик таглик, 2) ёруғлик манбаи, 3) ёруғлик филтри, 4) линза, 5) шкалали экран, 6) микроскоп, 7) инкилланма тирқиш.

Иш туғрисида тушунча

Классик электродинамикага асосан, ёруғлик кундаланг электромагнит тулқинларидан иборат бўлиб, вакуумда $c=3 \cdot 10^8$ м/сек тезлик билан тарқалади.

Оқ ёруғлик ҳар хил монохроматик тулқинларнинг йиғиндисидан иборат бўлиб, ҳар бир монохроматик тулқин (нур)нинг маълум ранги бўлади. Ёруғликнинг муҳитда тарқалиш тезлиги муҳитнинг хусусиятига боғлиқ бўлади,

$$v = \frac{c}{n}.$$

n —муҳитнинг абсолют синдириш кўрсаткичи. Ёруғликнинг тулқин узунлигини унинг тарқалиш тезлиги орқали аниқлаш мумкин:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}.$$

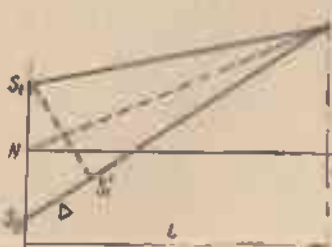
ν —ёруғлик тулқинининг тебраниш частотаси. Частоталари бир хил, фазалар фарқи ўзгармас бўлган ва E электр кучланганлик векторининг тебраниш текисликлари мос келадиган тулқинларга *когерент тулқинлар* дейилади. Когерент тулқинларнинг қушилиши натижасида интерференция ҳодисаси юз беради.

S_1 ва S_2 когерент манбалардан чиққан тулқинларнинг интерференциясини қараб чиқайлик (176-расм). Монохроматик тулқиннинг электр компонентаси қуйидагича бўлади:

$$E = E_0 \sin \omega(t - \frac{s}{v}).$$

Агар $\angle S_1MS_2$ кичик бўлса, M нуқтадаги умумий кучланганлик S_1 ва S_2 манбалардан келган кучланганликларнинг алгебраик йиғиндисидан, яъни: $E_1 = E_0 \sin \omega(t - \frac{s_1}{v})$, $E_2 = E_0 \sin \omega(t - \frac{s_2}{v})$ ларнинг йиғиндисидан иборат бўлади:

$$E = E_1 + E_2 - 2E_0 \sin \omega \frac{2t - \frac{s_1 + s_2}{v}}{2} \cos \omega \frac{s_2 - s_1}{2v} =$$



$$- 2E_0 \cos \omega \frac{s_2 - s_1}{2v} \sin \omega(t - \frac{s_1 + s_2}{2v})$$

Бунда $s_1 = S_1M$ ва $s_2 = S_2M$. Бу тенглама гармоник тебранма ҳаракатнинг тенгламаси бўлиб, унинг амплитудаси

$$A = 2E_0 \cos \omega \frac{s_2 - s_1}{2v}$$

Агар

$$\omega \frac{s_2 - s_1}{2v} = k\pi$$

176- расм.

($k=0, 1, 2, \dots$) бўлса, у вақтда A максимал қийматга эришади.

$$\omega \frac{s_2 - s_1}{2v} = (2k+1)\frac{\pi}{2} \quad (k=0, 1, 2, \dots) \quad (2)$$

бўлса, $A = 0$ бўлади.

Амплитуданинг максимал қийматларига экранда максимал ёритилганлик тўғри келади. Амплитуданинг минимал қийматига минимал ёритилганлик тўғри келади.

(1) ва (2) шартлардан фойдаланиб, максимум ва минимум шартини келтириб чиқариш мумкин.

Маълумки,

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{ва} \quad v = \frac{\lambda}{T} \quad (3-4)$$

Бунда T тебраниш даври. ω ва v нинг (3) ва (4) ифодаларини (1) ва (2) га қўйиб ва $s_2 - s_1 = \Delta$ белги киритиб, максимум ва минимум шартларини келтириб чиқарамиз. Максимум шarti

$$\Delta = 2k \frac{\lambda}{2}$$

ва минимум шarti

$$\Delta = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

Натижада, йўллар фарқи ярим тулқин узунлигининг жуфт сонига тўғри келса, M нуқтада максимум ва тоқ сонига тўғри келса, минимум тебраниш вужудга келади. Бунда k га максимум ва минимумнинг тартиб номери дейилади.

$k=1$ булса, биринчи максимум ёки минимум, $k=2$ булса, иккинчи максимум ёки минимум пайдо бўлади.

Максимум ва минимум шартини E_1 ва E_2 тебранишларнинг фазалар фарқи билан ҳам ифодалаш мумкин:

$$\Delta\varphi = \omega(t - \frac{x_1}{v}) - \omega(t - \frac{x_2}{v}) = \omega \frac{x_2 - x_1}{v} = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta.$$

Бундан, максимум шarti:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot 2k \frac{\lambda}{2}}{\lambda} = 2k\pi,$$

минимум шarti:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi(2k+1) \frac{\lambda}{2}}{\lambda} = (2k+1)\pi.$$

Интерференция натижасида экранда ёруғ (максимум) ва хира (минимум) йуллар ҳосил бўлади.

Интерференция ҳосил қилиш учун битта ёруғлик манбаидан чиққан нурни иккига ажратиб, уларни ҳар хил йул утгандан кейин бир нуқтада учраштириш керак. Бу вақтда нурлар иккита когерент манбадан чиқяпти деб қаралади. Бу нурларнинг ўтган йуллари фарқи 10^2 см дан катта бўлмаслиги керак.

Икки тирқишдан бўладиган интерференция ҳодисасидан фойдаланиб, монохроматик тулқин узунлигини топиш мумкин. Бунинг учун 176-расмдаги S_1 ва S_2 манбаларни тирқишлар деб фараз қилайлик.

S_1M ва S_2M когерент нурлар бўлиб, M нуқтада учрашади.

Агар $S'M = SM$ булса, йуллар фарқи

$$\Delta = S_2S'_1$$

бўлади. $S_1S_2S'_1$ ва NMO учбурчакларнинг ўхшашлигидан:

$$\frac{\Delta}{a} = \frac{l_k}{l} \quad (5)$$

a —иккита тирқиш марказлари орасидаги масофа, l_k — k тартибли максимум ва минимумлар ўртасидаги масофа. У вақтда

$$\Delta = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

га тенг бўлиб, буни (5) га қўйсак:

$$l_k = \frac{l}{a} (2k+1) \frac{\lambda}{2}.$$

Шунингдек, m -тартибли максимум ва минимумлар ўртасидаги масофа:

$$l_m = \frac{l}{a} (2m+1) \frac{\lambda}{2}.$$

У вақтда k -тартибли ва m -тартибли минимумлар уртасидаги масофани L_1 билан белгилаб, қуйидагини ёзамиз:

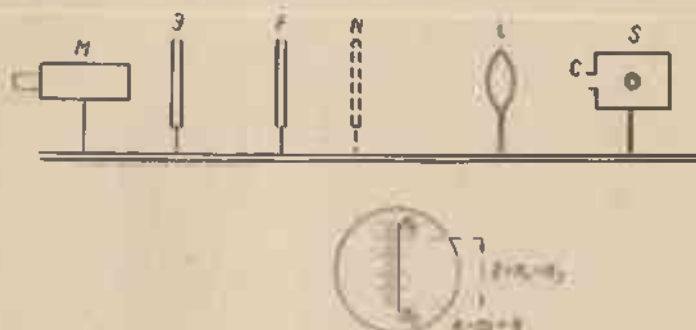
$$L_1 = l_k - l_m = \frac{L}{\lambda} (k - m) \lambda.$$

ёки

$$\lambda = \frac{L_1 a}{L (k - m)}. \quad (6)$$

Ишнинг бажарилиши

177-расмда S —ёруғлик манбаи, C —тирқиш, L —линза, N —иҳкиламчи тирқиш, F —фильтр, $\mathcal{E}$ —шкалалли экран булиб, унда интерференция манзарасини кузатиш мумкин, M —микроскоп.



177- расм.

Микроскоп орқали қараб, хира чизиклар уртасида жойлашган ёруғ чизиклар сони $(k - m)$ ни, экрандаги чизикдан фойдаланиб L_1 ни, оптик тағлиққа урнатилган шкаладан эса L ни топиш мумкин. Тажрибадан олинган L_1 , a , L , $(k - m)$ ларни (6) формулага қўйиб, филтрдан утган монохроматик нурнинг тулқин узунлигини аниқлаш мумкин.

Тажрибани бир қанча филтрлар учун такрорлаш керак.

72- иш. Дифракцион панжара ёрдамида ёруғликнинг тулқин узунлигини топиш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) спектрометр, 2) дифракцион панжара, 3) чизик-чизик спектр берадиган манба.

Иш туғрисида тушунча

Ёруғлик нурлари уз йулига қўйилган кичик тирқиш ёки тусиқдан ўтиб, экранда концентрик жойлашган ёруғ ва хира айланалар ҳосил қилади. Бу ҳодиса нурларнинг туғри чизик бўйича тар-

қалишидан четлашганини курсатади. Бунга дифракция ҳодисаси дейилади.

Дифракция ҳодисаси Гюйгенс принципи асосида тушунтирилади. Гюйгенс принципи қуйдагича таърифланади: тулқин фронтининг ҳар бир нуқтасини янги элементар тулқинлар ҳосил қилувчи мустақил манба деб қараш мумкин. Нурнинг тулқин узунлиги қисқа бўлгани учун унинг тўғри чизиқли тарқалишидан четга чиқиши оз бўлиб, бунни кузатишда нурни жуда кичик тирқишдан ўтказиш керак.

Лабораторияларда ҳар 1 мм да 100 тагача тирқишлари бўлган оддий шиша дифракцион панжаралар қўлланилади.

Дифракцион панжарага K коллиматордан параллел нурлар дастаси тушсин деб фараз қилайлик (178-расм).

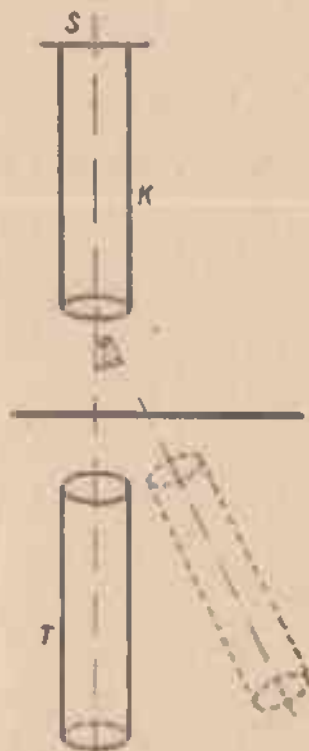
Маълумки, панжарага тўғрилаб қўйилган труба орқали K коллиматорнинг S тирқишининг аниқ тасвирини курамыз. S тирқиш тасвирини фақат труба коллиматорга тўғри тургандагина эмас, уни коллиматор ўқиға нисбатан чап ёки ун-га α бурчакка сйлжитганда ҳам куриш мумкин.

Энди панжарага тушувчи монохроматик нур тулқин узунлигининг нурнинг тушиш бурчаги α ва дифракцион панжара доимийси билан ўзаро боғлашш формуласини келтириб чиқарайлик.

Бунинг учун иккита симметрик HB ва GA нурларни олиб текширамыз (179-расм).

Гюйгенс принципига асосан, тулқин фронтидаги ҳар бир нуқтадан ҳар томонга қараб ёруғлик тулқинлари тарқалади. 179-расмга асосан нур босиб ўтган йулларнинг фарқи

$$BK = BD - AC.$$



178-расм.

Агар тирқишнинг кенглигини a ва ёруғликни ўтказмайдиган иккита тирқиш орасини b десак,

$$BA = a + b,$$

$$BK = (a + b) \sin \phi.$$

AC ва BD нурлар L линзадан ўтиб, линзанинг O фокусига қўйилади. Натижада биз O нуқтада хира ёки ёруғ йўлни курамыз. Бу эса AC ва BD нинг BK фарқиға боғлиқдир.

Агар BK масофа тоқ ярим тўлқин узунликларининг йигиндисига тенг бўлса, O нуқтада коронғилик бўлади. Агар BK масофа жуфт ярим тўлқин узунликларининг йигиндисига тенг бўлса, O нуқтада ёруғлик кўрамиз.

Шундай қилиб:

$$\lambda = (a+b) \sin \varphi_1,$$

$$2\lambda = (a+b) \sin \varphi_2,$$

$$3\lambda = (a+b) \sin \varphi_3$$

• • • • •

• • • • •

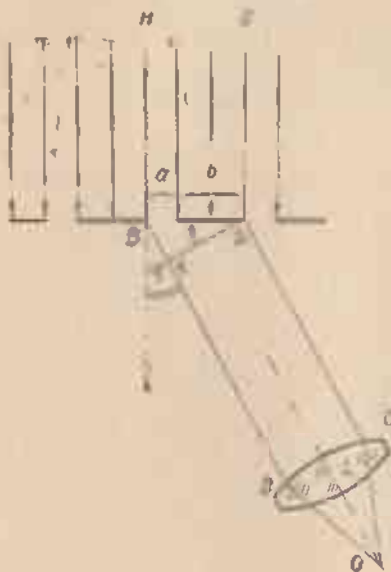
• • • • •

a ва b нинг кийматларини билиб, асбоб лимбидан $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ ларни аниқлаб, юқоридаги тенгламалар ёрдамида ёруғликнинг λ тўлқин узунлигини ҳисоблаш мумкин, яъни

$$\lambda = \frac{(a+b) \sin \varphi_1}{1} = \frac{(a+b) \sin \varphi_2}{2} = \frac{(a+b) \sin \varphi_3}{3}$$

ёки

$$\lambda = \frac{(a+b) \sin \varphi}{n}$$



179- расм.

бунда n —спектрнинг тартиб номери. Бинафша нурнинг тўлқин узунлиги қизил нурникига қараганда қисқа бўлгани учун унинг максимуми кичикроқ φ бурчакка тўғри келади.

Шу сабабли дифракцион панжарага монохроматик бўлмаган мураккаб, масалап, оқ нурлар тушса, экранда дифракцион спектрни кўрамиз. Бундай спектрларнинг маркази тирқишнинг чап ва унғ томонларида симметрик жойлашган бўлади.

Биринчи ёруғ нул урнида пайдо бўлган спектрга биринчи тартибли спектр, иккинчи ёруғ нул урнида пайдо бўлган спектрга иккинчи тартибли спектр деб аталади ва ҳоказо.

Ишнинг бажарилиши

Дониийси $a+b$ маълум бўлган дифракцион панжара спектрометр столчасига урнатилади. Спектрометрнинг тирқиши олдида патрий алангали ёруғлик манбаи қуйилади. Сунгра спектрометр ичидаги ип крестни марказий нурга тўғрилаймиз.

Спектрометр трубабини чап ёки унғ томонга бурганда биринчи спектр куринади. Ип крестни спектрга туғрилаб, асбоб лимбидан ϕ қиймати билиб олинади.

Биринчи спектри учун $n=1$ булади. $(a+b)$ нинг қиймати маълум булса, ϕ нинг қийматини улчагандан сунг (1) тенглама ёрдамида λ нинг қиймати топилади.

Спектрометр трубабини буриб, иккинчи тартибли ва учинчи тартибли спектрларни куриш мумкин. Бу спектр тартибларининг ҳар бирига туғри келган ϕ_2, ϕ_3, ϕ_4 ларнинг қийматларини улчаб, λ ларнинг қийматлари хисоблаб чиқарилади. Олинган тулқин узунликларининг ҳар бири учун ўртача қиймат топилади.

73- иш. Спектрал анализ асослари билан танишиш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) спектроскоп, 2) газ лампаси ёки спирт лампаси, 3) алангали лампалар учун штатив ёки тагликлар, 4) ёруғлик нурини тирқишга тутадиган линзали штатив, 5) шкалани ёригадиган кичкина лампочка, 6) асбест пилликлар, 7) кичкина шиша идншларда туртта маълум ва учта номалум эритма, 8) 7 та томизгич, 9) хлорид кислота.

Иш туғрисида тушунча

Қиздирилган газ ёки буглардан чиққан нурлар таркибий қисмларга ажратилса, улар чизиқ-чизиқ спектр беради. Чизиқ-чизиқ спектрларни солиштириш ҳар бир химиявий элемент узига хос булган чизиқ-чизиқ спектр беришини курсатади. Химиявий элементларнинг спектрлари туғрисида шундай маълумотларга эга булгач, уларни спектрал анализ қилиш, яъни спектрларига қараб моддаларнинг таркибини аниқлаш мумкин. Ёруғликни спектрга ажратишда ёруғлик дифракцияси ёки дисперцияси ҳодисаларидан фойдаланиш мумкин. Кўпчилик спектроскопларда ёруғликнинг уч қиррали шиша призмадаги дисперсиясидан фойдаланилади.

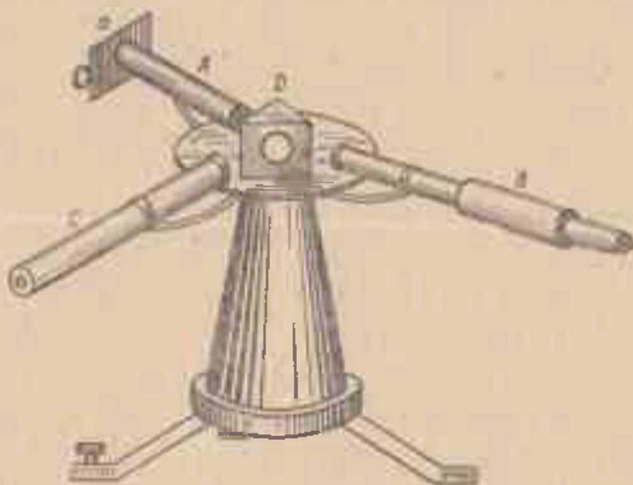
Призмали спектроскопнинг тавсифи

180- расмда тасвирланган спектроскопнинг тузилиши коллиматор деб аталувчи труба ва винт билан кенглиги узгартириладиган a тирқишдан иборат. Текшириладиган модданинг алангаси тирқиш олдида жойлаштирилади ёки «Л» линза ёрдамида проекцияланади. Линзадан чикувчи параллел нурлар D призманинг ён ёқига тушади.

Призманинг синдириш курсаткичи ҳар хил нурлар учун турлича булганлиги учун, ҳар хил нурлар призмадан ҳар хил бурчак остида синиб ўтади. Призмадан утган нурларнинг кенглиги a тирқиш кенглигига боғлиқ бўлиб, йўналиши эса призманинг синдириш курсаткичига ёки ташкил этувчи нурларнинг тулқин узунлигига боғлиқ булади. Коллиматор тирқишига параллел тушувчи нурлар

шуъласи B куриш трубасига тушиб, унинг β объективнинг фокал текислигида тупланади ва спектрал чизиқлар ҳосил булади.

Агар текшириладиган модда оқ нур чиқарса, бу нурлар чексиз кўп ташкил этувчиларга ажралиб, ўз навбатида бир-бири билан ўзаро туташиб кетади ва туташ спектр ҳосил қилади. Ҳосил бўлган ҳар хил рангли (тулқин узунликли) спектрал чизиқларнинг ва-



180- расм.

зиятларини аниқлаш учун β объективнинг фокал текислигида шка- ланинг тасвирини ҳосил қилиш керак.

Кўпгина спектроскопларда бу қуйидагича амалга оширилади. Шкала C трубадаги охиридаги линзанинг фокал текислигига жой- лаштирилади. C трубадаги тиркиш яқинига кичкина лампочка жой- лаштирилади. C труба шундай урнатиладики, ундан тушувчи нур- лар D призмадан қайтиб B куриш трубасига тушади.

Шундай қилиб, β линзанинг фокал текислигида A трубадан ке- лувчи нурларнинг спектри билан бирга C трубадан келган шкала- нинг ҳақиқий тасвири ҳам куринади. Призмага бошқа нурларнинг тушмаслиги учун у махсус қопқоқ билан бекитиб қўйилган бў- лади.

Спектрни мукаммал текшириш учун спектр иложи борица чи- зиқли бўлиши ёки, бошқача айтганда, спектроскопнинг ажратиб кўрсата олиш қобилияти каттароқ бўлиши, яъни спектр чизиқлари бир-биридан мумкин қадар узоқроқ жойлашиши керак.

Қўп қўзилган спектрлар куриш трубасининг B куриш майдонига сиғмайди. Шунинг учун бу труба маълум бурчакка буриладиган қилинади ва спектр қисмларга бўлиб текширилади.

Спектроскопии ростлаб ўрнатиш

Асбобни ишлатишдан аввал уни яхшилаб ростлаб ўрнатиш керак. Бунинг учун: 1) ёруғлик манбаини ўрнатиш, 2) оптик труба, коллиматор ва шкалани трубага параллел нурларга (чексизликка) туғрилаш 3) спектроскоп шкаласини ўрнатиш керак. Асбоб чексизликка қуйидагича туғриланади: В труба штативдан олинади ва бутун окулярни объективга нисбатан силжитиб, труба узоқдаги бирор нарса унда аниқ кўринадиган қилинади. Бундан кейин оптик труба ўз жойига қуйилади. Бутун иш давомида бу трубага вазияти ўзгармас бўлиб қолган керак.

Сунгра коллиматор тирқишини линзанинг фокал текислигига ўрнатиш учун тирқиш олдида натрий лампаси ёқилади (лампага пилиги асбестдан бўлиб, натрий хлорид эритмаси билан ҳўлланган бўлиши керак).

Коллиматорнинг вазиятини шундай танлаш керакки, унинг охирига жойлашган тирқишининг куриш трубасидаги тасвири яққол кўринсин. Тирқишнинг кенглигини тасвирининг эни натрий алангаси билан ёритилганда 0,5 мм дан ошмайдиган қилиб танлаб олиш керак.

Натрий лампаси узоқлаштирилиб шкала олдида қўшимча лампочка қуйилади ва унинг аниқ тасвири ҳосил бўлгунча шкала ҳолати ўзгартирилади. Яна натрий лампаси тирқиш олдида қуйилади ва натрий чизиқларининг шкаладаги вазияти аниқланади. Агар шкалани труба бирор бурчакка силжиган бўлса, уни ўзгартириб натрий чизиқларидан бирор маълумини шкала чизиги билан устма-уст туширилади.

Келгуси ишлар давомида бу натрий чизиги билан шкала чизигининг ҳолати кузатиб борилади. Жуда кучсиз спектрал чизиқларни текширишда шкалани ёритувчи қўшимча ёритгични вақтинча учуриб қўйиш фойдалидир.

Кузатиш ва спектрларни солиштириш

Спектрлари текширилиши керак бўлган металллар тажрибада алангага қуйидагича киритилади:

2—3 см³ юзли асбест булакчаси олинади ва текширилиши керак бўлган металл тузи эритмасида ҳўлланиб, симга осилади. Асбестни ҳар бир эритма учун алоҳида ажратилган томизгич билан ҳўллаш керак. Ҳар бир спектрни олишда тоза симдан фойдаланиш керак. Бунинг учун ҳар сафар симнинг учи хлорид кислотага ботирилиб, яхшилаб қиздирилади. Спектрларни кузатиш вақтида лампа тирқишдан камида 4 см узоқликда туриши керак. Бу вақтда тирқиш алангали асбестнинг 1,2—2 см юкоридаги қисмига туғрилланган бўлиши керак. Биринчи тажрибани характерли равшан чизиқлар берувчи металл тузларининг эритмаси, масалан, литий ёки барий билан бажариш керак, буларнинг спектрал чизиқлари куп бўлади.

Агар чизиқлар қониқарли даражада равшан кўринмаса, лампани узоқлаштириб, ёрдамчи L линза ёрдамида тирқишга аланганинг кичрайтирилган тасвирини тушириш керак.

Олинган спектрни текширишда тирқишни кенгайтириш йули билан кучсиз чизиқларни яхши кўринадиган қилиш, тирқишни торайтириш йули билан эса бир-бирига яқин жойлашган чизиқларнинг жойлашишини аниқроқ кўриш мумкин.

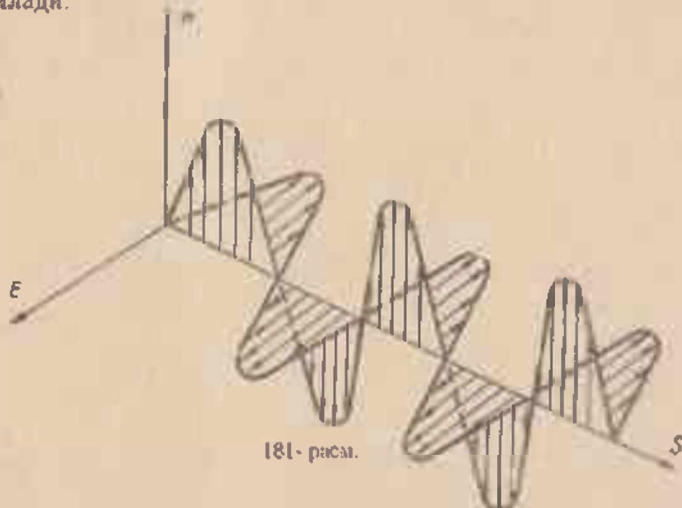
Спектрнинг яхши кўриниш шартлари аниқлангандан сунг, шу спектрдаги қайси чизиқ текширилаётган металлга хос эмаслигини аниқлаш керак. Бунинг учун алангага озроқ қуруқ асбест киритилиб, текширилаётган модданинг спектрига хос бўлмаган бегона спектрлар аниқланади.

74- иш. Ёруғлиқнинг қутбланиш ҳодисасини урганиш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) поляроидлар, 2) ёруғлик манбаи, 3) фотоэлемент, 4) электромотор, 5) гальванометр, 6) осциллограф.

Иш туғрисида тушунча

Ёруғлик нури электромагнит тулқинлардан иборат бўлиб, электр майдонининг E кучланганлик вектори ва магнит майдонининг H кучланганлик вектори ўзаро перпендикуляр бўлган текисликларда тебранади (181- расм). Бу текисликка *тебраниш текислиги* дейилади.



Ёруғлик тебранаётган текисликка перпендикуляр бўлган текислик шу тулқиннинг *қутбланиш текислиги* дейилади. Демак, ёруғлиқнинг тебраниш ва қутбланиш текислиги ўзаро перпендикуляр экан.

Агар E вектор тулқин йуналишига тик бўлган ихтиёрий текисликлар бўйича тебранса, бундай тулқинларга *табиий нур* дейилади.

Қутбланиш ҳодисаси ёруғликнинг қайтганида, синганида ва бир муҳитдан иккинчи муҳитга утганида рўй беради. Ёруғликнинг қайтиш пайтидаги қутбланиши 182-расмда курсатилган. Расмдаги N ва N' лар юзларга туширилган нормаллардир.

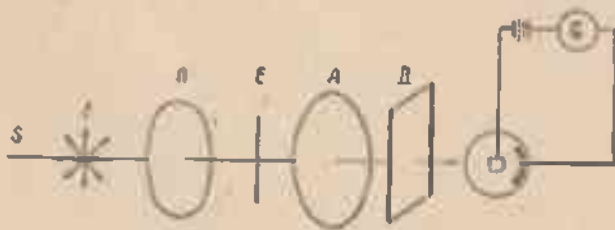
Тажрибага асосан CD нурнинг интенсивлиги S ва S' юзларнинг узаро қуйилишига боғлиқ бўлиб, унинг максимал интенсивлиги нурнинг тушиш бурчаги аниқ бир қийматга эга бўлганда ва юзлар параллел бўлганда кузатиш мумкин. Агар нурнинг тушиш бурчагини узгартирмасдан юзлар узаро перпендикуляр қуйилса, CD нур кўринмайди, бу эса нурнинг тула қутбланганлигини курсатади. Бу ҳодиса α бурчак маълум қийматга эга бўлганда рўй беради. Брюстер қонунига асосан нурнинг тушиш бурчаги тангенс модданинг синдириш курсаткичига тенг бўлганда, қайтган нур тулиқ қутбланади, яъни

$$\operatorname{tg} \alpha = n,$$

бунда n — нур қайтаётган модданинг синдириш курсаткичи.

Қутбланиш текислиги тушиш текислигига мос келса, қутбланган нурнинг интенсивлиги катта бўлади. Агар бу текисликлар узаро тик жойлашган бўлса, қутбланган нурнинг интенсивлиги минимум бўлади. Қутбланган нурни ҳосил қиладиган асбобларга поляроидлар ёки қутблантиргичлар дейилади.

Юқорида ёзилган асбобларни йиғиб (183-расм), қутбланиш ҳодисасини текшириш мумкин. Бунда S — ёруғлик манбаи, P ва A — қутблантиргичлар, D — деполаризатор.



183- расм.

S манбадан келган нур биринчи қутблантиргичдан ўтиб, яъни қутбланган нурга айланади ва иккинчи A қутблантиргич (анализаторга) тушади. Агар нурнинг тебраниши иккинчи қутблантиргичнинг оптик ўқига тўғри келса, ундан ўтиб фотоэлементга тушади

ва фототок ҳосил қилади. Фототок бу вақтда максимал қийматга эга бўлади.

Агар A анализаторни 90° га бурсак, фототок йўқолади, яъни нурнинг қутбланиш текислиги билан анализаторнинг оптик ўқлари орасида маълум φ бурчак ҳосил бўлса, у вақтда утган нурнинг I интенсивлиги минимал ва максимал қийматлар орасида бўлади. φ бурчак билан анализатордан утган нурнинг I интенсивлиги орасидаги боғланишни топайлик. E_n — қутблантиргичдан утган нурнинг тебраниш амплитудаси бўлсин. Буни икки компонентга: E ва E_0 га ажратамиз. Булардан E_0 анализатордан утади, E эса ўтмайди. 184-расмдан:



184- Расм.

$$E_n = E \cos \varphi. \quad (2)$$

Ёруғликнинг I интенсивлиги амплитуданинг квадратига пропорционал бўлганлиги учун қуйидаги формулани ёзиш мумкин:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi. \quad (3)$$

(3) формула Малюс қонунининг математик ифодасидир.

Агар $\cos \varphi = 1$ бўлса, $I = I_0$ бўлади, яъни қутблантиргичларнинг оптик ўқлари узаро мос келади.

АТОМ ТУЗИЛИШИГА ДОИР БАЪЗИ ИШЛАР

Радиоактив моддалар билан ишлашга тугри келадиган лабораторияларда хавфсизлик қоидаларига риоя қилиш жуда муҳим бўлгани учун биз бу қоидаларни китобга киритишни маъқул топдик. Мана уша қоидалар:

1. Хавфсизлик техникаси бўйича махсус йул-йўриқ олган студентларгина радиоактив моддалар билан ишлаш учун лабораторияга қўйилади.

2. Лаборатория ишларини бажаришга алоқадор бўлмаган шахсларнинг лабораторияга киришлари ман этилади.

3. Барча студентлар иш пайтида оқ ҳалат билан таъминланган бўлишлари керак.

4. Иш жойидаги асбобларни студентлар жойдан-жойга кучиришга рухсат этилмайди.

5. Студентларнинг радиоактив нурланиш манбаларини асбоблардан чиқариб олишларига рухсат этилмайди.

6. Радиоактив нурлар билан ишлайдиган қурилмалар лаборатория раҳбарининг рухсати билангина электр токи манбаига уланиши мумкин.

7. Радиоактив моддалар билан ишлайдиган асбобларни ишлаб турган вақтда назоратсиз қолдириш қатъиян ман этилади.

8. Ҳар бир студент уз раҳбар томонидан топширилган ишни бажариши зарур.

9. Лабораторияда чекиш ва овқатланиш ман этилади.

10. Иш тугагандан сунг студентлар қурилмани (радиоактив манбани ҳам) лаборантга топширишлари керак.

11. Лабораториядан чиқишдан олдин ҳалатни ечиб, қўлни совун билан тозалаб ювиш керак.

75- иш. Зарядланган зарралар счётиги

Қисқача кириш. Маълумки, радиоактив нурлар асосан уч хил бўлиб, улар α , β ва γ - нурлар деб аталган. Бу нурлар газ ва бошқа моддаларнинг молекула ва атомларини ионлаштиради: α ва β - нурлар кучлироқ, γ - нурлар кучсиз ионлаштиради.

Радиоактив нурларнинг интенсивлиги кучли ёки кучсиз эканлигини юқорида айтилган хусусиятларидан, яъни молекула ва атомларни ионлаштира олиш хусусиятларидан фойдаланиб қайд қилиш мумкин.

Газ молекулаларини ионлаштириш осонроқ бўлгани учун, зарядли заррачаларни қайд қилувчи асбоблар ясашда газлардан кенг фойдаланилади.

Радиоактив нурларнинг ионизация тоқларини улчашда ёки қайд қилиб интенсивлигини аниқлашда ионизацион камера деб аталувчи газ солинган махсус камералар қўлланилади.

Агар радиоактив манба кучсиз бўлса, унинг интенсивлиги сўтчик ёрдамида ўлчанади.

Ҳозирги вақтда сўтчиклар ёрдамида космик нурларнинг интенсивлигини, табиий ва сунъий радиоактивлик, зарраларнинг модда орқали ўтишда ютилиши ва шу кабилар ўрганилади.

Сўтчикларнинг сезгирлиги фотоэлементлар ва ионизацион камераларга қараганда жуда каттадир. Масалан, фотоэлементлар ва ионизацион камералар 10^{-12} а дан кам бўлмаган тоқ ҳосил қила оладиган интенсивликка эга бўлган нурланишинигина улчай олса, сўтчиклар 10^{-14} а токни ҳам улчашга имкон беради. Нималарни улчашга мўлжалланганига, уларда физик ҳодисаларнинг рўй бериш механизмига ва тузилишларига қараб турли хилдаги сўтчиклар ишлатилади.

Ҳозирги вақтда энг кўп тарқалган сўтчиклардан бири цилиндр шаклида ясалган сўтчик бўлиб у ички электроди тахминан 0,1—0,2 мм диаметрли металл толадан, ташқи электроди эса 20—30 мм диаметрли металл цилиндрдан иборат цилиндрик конденса-тордир.

Электродларнинг иккаласи ҳам шиша баллон ичига жойланган ва бу баллон ичиде сийраклаштирилган газ (ҳаво, азот, водород, аргон ва бошқалар) бўлади. Цилиндрик электродга тахминан 100—1500 в манфий потенциал берилади, тола эса тахминан 10^9 ом қаршилик орқали ерга уланади.

Тез учар зарралар сўтчикнинг электродлари орасидаги фазога тушиши билан газни ионлаштиради. Ингичка тола — анод яқинида пайдо бўлган ионлар катодга катта тезлик билан урилиб, ундан уриб чиқарган электронлари билан қўшилиб нейтраллашади.

Демак, ионлар катодга келиб урилгандан сўнг ажралган электронларга бирламчи электронлар дейилса, ион урилгандан кейинги молекула ёки атомнинг уйғониши туфайли пайдо бўлган электронларга иккиламчи электронлар деб айтилади.

Сўтчик электродлари орасида иккиламчи электронларнинг ҳосил бўлиши туфайли электр майдонининг кучланиши деярли аввалгидек қийматга эга бўлади. Натижада, катоддан ажралиб чиққан иккиламчи электронлар анодга яқинлашган сари тезликлари ортиб, йўлларида учраган газ молекулалари ёки атомларидан янги электронларни уриб чиқаради.

Натижада, бирламчи ва иккиламчи электронлар анодга етиб келганда разряд пайдо бўлади.

Шундай қилиб, счётчик электродлари орасига келиб тушган ионланувчи битта зарра кетма-кет куп разрядларни ҳосил қилади. Бу вақтда счётчикдан фойдаланиб бўлмайди, чунки бунда разряд узлуксиз бўлиб туради.

Счётчикларда разрядланишни уз-уздан тухтатиш учун электродлар орасидаги потенциаллар айирмасини камайтириш зарур.

Счётчикдаги уз-уздан буладиган разрядни бошқача йул билан ҳам тухтатиш мумкин. Бунда счётчик занжирига катта (10^9 ом) қаршилик уланади. Мусбат ионлар нейтраллашгандан сунг анод симининг потенциали кутарилиб улгурмасданоқ, етиб келган янги электрон галалари потенциалнинг кутарилишига тусқинлик қилади. Кейин симнинг потенциали қайтадан тикланади, счётчик янги ионланувчи заррани қабул қилишга тайёр бўлади.

Берилган кучланишнинг счётчик ишига таъсири

Счётчик электродлари орасига тушган зарралар газларни ионлаштиради, натижада счётчикда импульс ҳосил бўлади. Бу импульсни қайд этиш учун махсус электр схема тузилиб счётчикка уланади.

Агар счётчик электродларига бериладиган электр кучланишнинг катталигини ўзгартирсак, унинг ишлаш режими ҳам ўзгаради. Берилган кучланишга қараб счётчикнинг қайд этиш хусусияти ҳам ўзгаради.

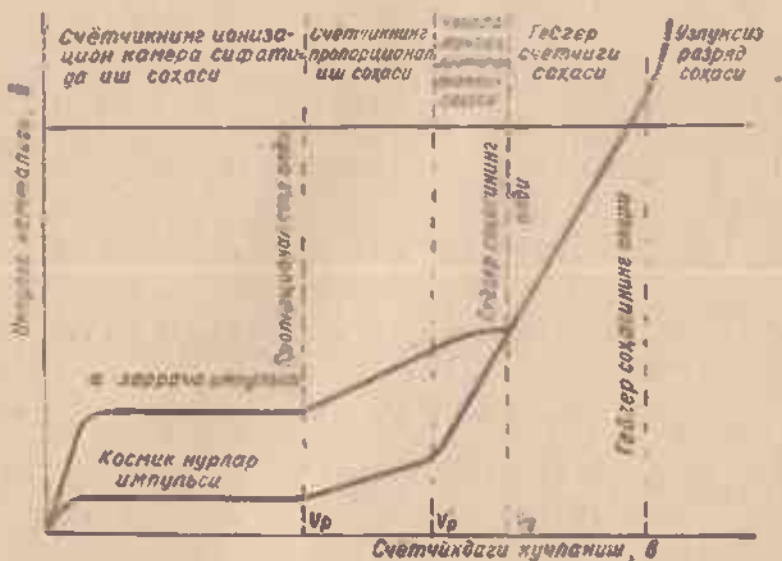
Счётчик электродларига кичик кучланишлар берилганда аввал импульс шу кучланишга қараб ўсиб, сунгра кучланиш маълум V_p миқдорга етганда туйиниб, импульснинг қийматлари доимий бўлиб қолади. Чунки бунда электродлар орасида пайдо бўлган ионларнинг ҳаммаси электродларга бориб етади.

Счётчикнинг юқоридаги хусусиятига асосланиб, унинг электродлари орасига қандай ионлаштирувчи зарра кирганлигини билиш мумкин. Масалан, α -заррача газдаги юрган йулида ун мингларча ион, β -заррача юзларча ион, γ -нурилар ва космик нурилар эса озгина ионлар ҳосил қила олади.

Электродларга бериладиган V_p электр кучланишнинг қийматини катталаштирсак, ҳосил бўлган ионларнинг тезликлари ортиб, нейтрал молекулаларни уриб ионлаштира олади. Уриб ионлаштириш натижасида ионлар сони купайиб кетади. Олдин пайдо бўлган ионлар сонини k десак, уриб ионлаштирилгандан сунг ионлар сони kN бўлади. N миқдор кучайтириш коэффициентини дейилади, унинг катталиги 10^7 га етиши мумкин.

Электродларга берилётган кучланиш V_p дан V_p^* гача ўзгарганида кучайтириш коэффициенти N бошланғич ионлар сонига боғлиқ бўл-

майди. Шунинг учун V_1 ва V_2 кучланишнинг қийматлари чегарасида ток импульсининг катталиги бошланғич жуфт нонлар сонига пропорционал бўлади. Шу кучланишда ишловчи счётчикларга пропорционал счётчиклар дейилади (185-расм).



185-расм.

185-расмда тасвирланган графикда абсциссалар ўқига счётчик электродларига берилган кучланиш, ординаталар ўқига эса импульсининг катталиги қўйилган.

Счётчик баллонига қандай газ солинганига қараб мустақил разрядланувчи счётчиклар икки хил бўлади.

1. Секин сунувчи (уз-уздан сунмайдиган) счётчиклар.

2. Тез сунувчи (уз-уздан сунувчи) счётчиклар. Бу счётчикларда разряднинг сўниши занжирдаги R қаршиликка ва C сизимга боғлиқдир. Уз-уздан сунувчи счётчиклардаги асосий газга тахминан 10% га яқин қўп атомли газ (эфир буги, этилен ва бошқалар) қўшилади.

Қўп атомли газлар разрядни сўндириш ва унинг давом этиш мuddатини камайтириш вазифасини бажаради.

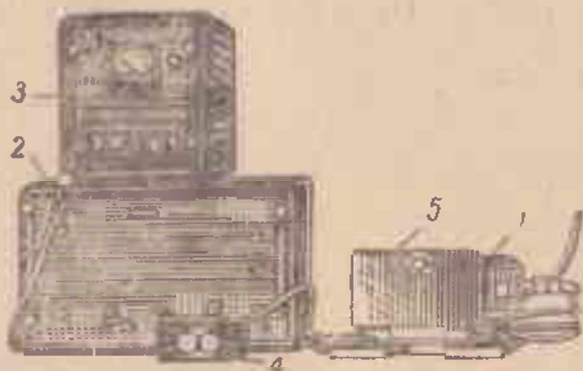
Ҳозирги вақтда уз-уздан сунувчи счётчиклар кенг қўлланилади. Бу қатордаги ишларда B типдаги қурилма қўлланилгани учун биз унинг тузилишини қисқача баён этишни маъқул кўрдик.

«Б» типдаги қурилма

Счётчиклар билан ишлаганда бизнинг саноатимиз ишлаб чиқарадиган «Б» типдаги қурилмалар кенг қулланилади. Бу қурилма (186-расм) комплектига юксак вольтли тўғрилагич, санок (қайд қилувчи) мослама, санок трубкалари тўплами, секундомер ва эҳтиёт радио лампалари киради.

Юксак вольтли тўғрилагич. Бу қурилмадаги счётчикни ток билан таъминлаш учун ВСЭ-200 маркали тўғрилагич ишлатилади. Бу тўғрилагич кучланиши 110, 127 ёки 220 в булган узгарувчан ток тармоғига уланиб, доимий стабиллашган кучланиш беради, бу кучланишни 100 дан 2500 в гача ростлаш мумкин.

Қайд қилувчи мослама. «Б» типдаги қурилманинг қайд қилувчи мосламаси алоҳида-алоҳида учта блокдан иборат: «БГС» типдаги кучайтирувчи головка, ПС-64 типдаги қайта сановчи асбоб ва СБ-1 м/100 типдаги электромеханик счётчик. «БГС» типдаги кучайтирувчи головка санок трубкаларининг тутқичи билан бир блок қилиб бириктирилган. Санок трубкасидан (счётчикдан) келган заиф электр импульсни кучайтирувчи головка кучайтириб, санаш асбобига қувватли импульс қилиб берадики, бу импульснинг амплитудаси, шакли ва қутби (ишораси) қайд қилиш учун қулай шаклга келтирилади.



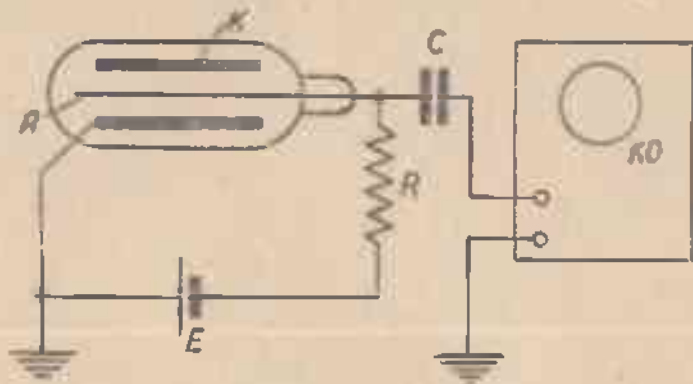
186-расм.

1 — илгирчи блок, 2 — санаш асбоби, 3 — юксак вольтли тўғрилагич, 4 — электромеханик счётчик, 5 — ишораниш детектори (экраниловчи қўроқнинг улчи ичиди).

1-машқ. Счётчикка берилган кучланишга қараб импульс амплитудаларини катод осциллографида кузатиш

Осциллограф экранида импульс амплитудаларининг узгарishi счётчикка берилган кучланишга боғлиқ эканлигини кўриш мумкин. Бунинг учун асбобларни 187-расмда кўрсатилгандек қилиб бир-

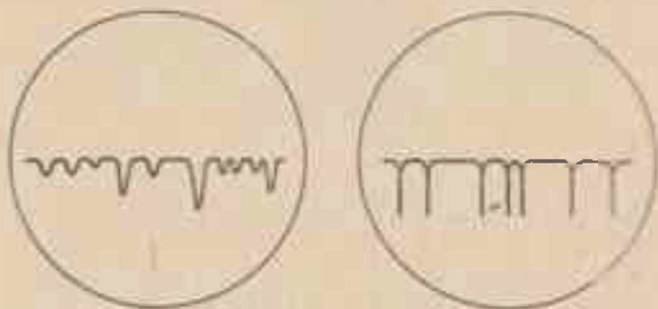
бирига улаш керак. 187-расмдаги A ва K — счётчикнинг аноди ва катода, E — юксак кучланиш манбаи, R — қаршилик, C — конденсатор, KO — катод осциллографдир.



187- расм.

Осциллограф развёрткисини 50 μ с га ва сезгирлигини максимумга қуйиш лозим. Счётчикка юқори вольтли тўғрилагичдан кучланиш бериш керак. Счётчик олдида активлиги оз бўлган (0,001—0,01 μ кюри) радиоактив манба Co^{60} қуйиш керак. Олдин тўғрилагичдан счётчикка 400 в кучланиш бериб, осциллограф экранига қараш керак. Бу ҳолда экранда тўғри текис кетган яшил чизик куринади.

Счётчикка бериладиган кучланишни маълум чегарагача оширсак, осциллограф экрандаги тўғри текис яшил чизик арра тиши шаклини олади (188-расм). Агар кучланишни яна ортирсак — «арра»



188- расм.

нинг тиши узая боради. Кейин счётчик олдидаги радиоактив манба узоқлаштирилса, осциллограф экранда ахён-ахёнда айрим-айрим

импульслар пайдо бўлиб туришини кураимиз. Бу айрим-айрим импульслар космик нурларнинг ва бошқа радиоактив элемент нурларининг счётчикка таъсир қилишидан ҳосил бўлади. Бу импульсларга *счётчикларнинг фони* дейилади.

Энди радиоактив манбани қайтадан счётчик яқинига келтириб, бериладиган кучланишни орттирсак, импульсларнинг амплитудалари катталашади, аммо энди амплитуда катталикларининг фарқи жуда оз узгара боради ва, ниҳоят, амплитудалар бир хил катталиқда бўлиб қолади.

Бундан сунг кучланишни яна 100 в ошириш ярамайди, чунки у ҳолда саноқ трубкаси (счётчик) бузилиб қолиши мумкин.

2-м а ш қ. Счётчик фонини топиш

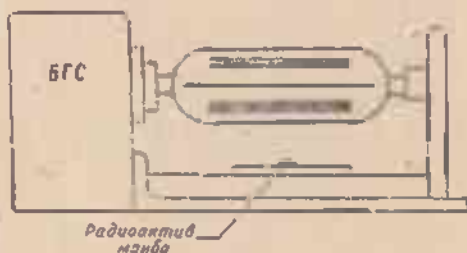
Счётчиклардан фойдаланмоқчи бўлганда олдин унинг фонини топа билиш керак. Радиоактив модда счётчик яқинида бўлмаса ҳам у импульсларни қайд қилаверади, шу импульслар счётчикнинг фони ҳисобланади.

Турли хил счётчикларнинг фонлари турли хил катталиқда бўлади. Счётчикларнинг фонлари уларнинг қандай ҳимоя қилинишига қараб ўзгариши мумкин. Масалан, счётчикнинг усти очиқ турса (189-расм), унинг фони катта бўлади. Агар счётчик қўرғошин уйча ичига қўйилган бўлса, унинг фони анча камаяди.

Машқни бажаришда олдин счётчикни 189-расмдаги скамейкачага ўрнатиб, сунгра «Б» қурилма ишга солинади. Тегишли тумблерлар воситасида счётчик ичига туширилади. 5 минут ўтгандан кейин счётчик тўхтатилиб, қанча импульс саналгани электромеханик счётчикдан билиб олинади.

Бу ишни 3—5 марта такрорлаб, ҳар бир минутга тўғри келган импульслар сони ҳисобланади.

Сунгра, счётчикни олиб қўрғошин уйча ичига ўрнатиш керак. Ўлчаш ишларини яна юқорида баён қилинган тартибда бажариш лозим.



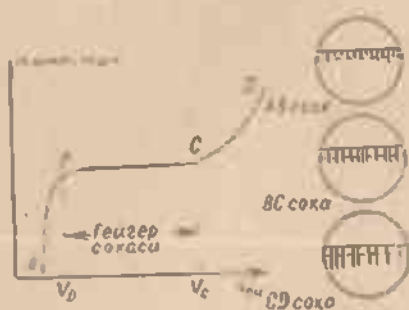
189- расм.

3-м а ш қ. Тез сунувчи счётчикнинг характеристикаси

Керакли асбоб ва материаллар: 1) активлиги 10 мкюри қамасидаги радиоактив манба; 2) Гейгер—Мюллер счётчиги; 3) радиоактив нурларни қайд қилувчи «Б» типдаги қурилма.

Иш тўғрисида тушунча

Счётчикнинг сифати санаш тезлиги n (бир минутдаги импульслар сони) билан унга берилган $V_{сч}$ кучланиш орасидаги боғланиш орқали аниқланади. Бу боғланиш счётчикнинг характеристикаси (190-расм) дейилади.



190- расм.

Счётчикнинг характеристикаси

Счётчикка берилган кучланиш $V_{сч} < V_B$ бўлганда импульслар ҳар хил амплитудаларга эга бўлади.

Импульсларни қайд қиладиган радиосхема маълум сезгирлик бусағасига эга бўлиб, амплитудаси энг катта бўлган импульсларнинггина қайд қилади. Счётчикка берилган кучланишнинг ошиши билан асбоб қайд қила оладиган импульслар сони ҳам

ошади. Бу ходиса 190-расмдаги характеристиканинг AB қисмида тасвирланган. Гейгер — Мюллер соҳасида счётчикнинг кучланиши $V_{сч}$ ни V_B дан V_C га қадар оширганда, ионлаштирувчи ҳар бир заррача радиосхема қайд қила оладиган катта амплитудали импульсларни вужудга келтиради.

Шунинг учун ҳам идеал счётчикларда характеристиканинг BC қисмида счётчикнинг санаш тезлиги унга берилган кучланишга боғлиқ бўлмайди, яъни кучланиш ошса ҳам санаш тезлиги ошмайди. Характеристиканинг бу соҳаси Гейгер соҳаси дейилади.

Ҳақиқатда эса бу соҳада ҳам кучланишнинг ошиши билан бир минут ичида қайд қилинадиган импульслар сони бир қадар оша боради, чунки кучланиш ошиши билан иккиланган импульслар сони ошади. Счётчикнинг санаш тезлиги узгармас бўлган кучланишлар соҳаси счётчикнинг «плато»си дейилади. Платодаги кучланишларда счётчиклар яхши ишлайди. Яхши счётчикларда бу плато 100—200 в бўлади. Одатда кучланишнинг V_B дан V_C га қадар ошишида санаш тезлиги атиги бир пача процент ошади.

Кучланишни V_C дан ошира бориш билан ҳисоблаш тезлиги ҳам оша боради. Бора-бора $V_{сч}$ нинг шундай бир қийматида сунмас разряд ҳосил бўлади. Одатда иш кучланиши платонинг уртасидан олинади. Плато жуда кенг бўлса, иш кучланиши Гейгер — Мюллер соҳасининг бошига яқин нуктадан олинади.

Счётчиклар ишлаш муддатининг ҳам чегараси бор. Счётчиклар қатъчалик куп ишласа, уларнинг платоси шунчалик қисқара боради. Шунинг учун ҳам вақт-вақти билан счётчикларнинг характеристикасини олиб, унинг платосини аниқлаб туриш тавсия этилади.

Ишнинг бажарилши

Бу ишда счётчикнинг характеристикаси икки ҳолатда:

1) радиоактив препарат қўйилмаган (бунда импульсларни фақатгина фон беради);

2) радиоактив препарат бор булган ҳолатда олинади.

«Б» қурилмани электр манбаига улаб, у қизигунча 5 минут кутиб турилади. Аввало счётчикнинг фонини (препаратсиз) қайд қилишдаги характеристикаси олинади. Бунинг учун счётчикка 500 в кучланиш берилади. Агар бу кучланишда счётчик импульсларни қайд қилмаса, кучланишни 25 в ошириб, 1 минут кутиб турилади. Шундай қилиб, механик счётчик қайд қилганга қадар кучланиш 25 вольтдан ошириб турилади. Счётчик ишлай бошлагандан сунг ҳам кучланишни 25 в дан ошира бориб, ҳар бир кучланиш учун бир минутдаги импульслар сонини ёзиб борилади. Ҳар бир улчовда камида 400 та импульс қайд қилиниши керак. Плато соҳаси тамом булгандан сунг, кучланишнинг ошиши билан санаш тезлиги тез оша боради.

Бундан сунг ишни тўхтатиш керак. Агар кучланиш янада ошираверилса, узлуксиз разряд ҳосил бўлиб, счётчик тез бузилиб қолиши мумкин.

Ўлчаш тамом булгандан сунг, счётчикка берилган юқори кучланишни вақтинча узиб, счётчик остига радиоактив препарат (активлиги 10 мккюри булган Co^{60}) қўйилади ва иш яна такрорланади (189-расм).

Иш тамом булгандан сунг қурилмани электр манбаидан узиб, радиоактив препаратни лаборантга топшириш керак. Тажриба натижалари қуйидаги жадвалларга кучирилади:

1. Радиоактив манбасиз (фон билан) ўлчаш натижалари:

Тажриба номери	Кучланиш	Ўлчаш муддати (мин)	Қайд қилинган импульслар сонини	Бир минутдаги импульслар сонини $n_4 = \frac{n_3}{t} \text{ мин}$

2. Радиоактив препарат билан одинган ўлчаш натижалари:

Тажриба номери	Кучланиш $V_{сч}$	Ўлчаш муд- дати (мин)	Қайд қилинган импульслар сони N	Бир минутдаги им- пульслар сони $\frac{N}{t}$ 1 мин

$V_{сч}$ кучланишни абсциссалар ўқига, n_{ϕ} ва n санаш тезлигини ординаталар ўқига қўйиб, ҳар икки ҳол учун ҳисоблаш тезлигининг кучланишга боғлиқлигини курсатадиган график чизилади.

4-м а т қ. Тез сўнувчи сўтчикларнинг ўлик вақтини аниқлаш

Юқорида биз сўтчикларнинг ишлаш механизми билан танишган эдик. Сўтчик ўз электродлари орасига тушган ионлаштирувчи зарранинг ҳосил қилган импульсини қайд этади. Бундан кейин сўтчик янги зарра тушишини сезмайди, чунки импульс ҳосил булгандан кейин унинг электродлари орасидаги кучланиш катталиги аввалги ҳолга бирданига келолмайди. Сўтчикнинг аввалги ҳолига қайтунига қадар кетган t вақтга сўтчикнинг ўлик вақти дейилади.

Зарядли зарраларни қайд эта оладиган қурилма қисмларининг ҳаммасида ҳам бундай ўлик вақт булади. Масалан, сўтчикларнинг ўлик вақти $2 \cdot 10^{-4}$ сек, электромеханик сўтчикники $1 \cdot 10^{-5}$ сек, ПС-64 сўтчикники эса $5 \cdot 10^{-6}$ сек булади.

Шундай қилиб, «Б» типдаги қурилманинг қайд қила олиш қобилияти сўтчикнинг ўлик вақтига боғлиқ экан.

Ўлик вақт давомида ҳисобланмаган импульсларни назарий эътиборга олиб, сўтчикнинг умумий қайд қилган импульслари қуйидаги формуладан топилади:

$$n_0 = \frac{n}{1 - \tau_c n}$$

n_0 — вақт бирлиги ичида сўтчикка кирган зарралар сони; n — вақт бирлиги ичида сўтчик қайд қилган зарралар сони; τ_c — сўтчикнинг ўлик вақти.

Сўтчикнинг ўлик вақтини тажрибада аниқлаш

«Б» типдаги қурилмага қушилган қурғошин яшик ичига ўлик вақти топилиши керак булган сўтчик урнатилган. Ишни бажаришда активлиги кичик булган иккита радиоактив манба ҳам олинади.

Қурилма ишлаш ҳолатига келтирилади ва биринчи манбани счётчик яқинига урнатиб, вақт бирлиги ичида қайд қилинган импульслар сони n_1 ёзиб олинади. Сунгра счётчик яқинидан биринчи манба олиниб, жойига иккинчи манба қўйилади ва вақт бирлиги ичида қайд қилинган импульслар сони n_2 ёзиб олинади. Кейин ҳар икки манбани счётчик яқинига жойлаштириб, вақт бирлиги ичида қайд қилинган импульслар сони n_{1+2} ёзиб олинади.

Юқорида ёзилган формулалардан фойдаланиб қўйидагиларни ёзамиз:

$$n_{01} = \frac{n_1}{1 - \tau_0 \cdot n_1},$$

$$n_{02} = \frac{n_2}{1 - \tau_0 \cdot n_2},$$

Маълумки:

$$n_{01} + n_{02} = n_{01+2}$$

ёки

$$\frac{n_{1+2}}{1 - \tau_0 n_{1+2}} = \frac{n_1}{1 - \tau_0 n_1} + \frac{n_2}{1 - \tau_0 n_2}. \quad (1)$$

(1) тенгламани τ_0 га нисбатан ечиб, жуда кичик миқдорларни чиқариб ташлаб, қўйидагини ҳосил қиламиз:

$$\tau_0 = \frac{n_1 + n_2 - n_{1+2}}{2n_1 n_2}. \quad (2)$$

(2) формулага олинган тегишли миқдорларни қўйиб, изланган ўлик вақтнинг қийматини топамиз.

76- иш. Счётчикнинг γ -нурларни қайд қилиш эффективлигини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) радиоактив манба урнатиладиган штатив, 2) счётчик урнатиладиган штатив, 3) рулетка, 4) АММ-7 маркали счётчик, 5) «Б» қурилма, 6) эталон перепарат Co^{60} (активлиги 0,1—0,5 мкюри).

Иш туғрисида тушунча

γ -нурлар α - ва β -нурларга қараганда модда билан узаро кучсиз таъсир қилишади. γ -нурларнинг модда билан узаро таъсири фотоэффект, Комптон эффекти ва жуфт (электрон — позитрон) ҳосил булиши орқали номоеи булади.

Фотоэффект

Фотоэффект ҳодисаси шундан иборатки, γ -нурлар моддадан утаётганда атомлар орбитасидан электронни уриб чиқаради. γ -нур уз энергиясини тамомила бу электронга бериб, уни ютилади.

Комптон эффекти

γ -нурлар атомларнинг ядрога кучсиз боғланган электронлари билан ўзаро таъсирлашиб, уларга энергиясининг бир қисминигина беради ва бошланғич йуналишидан бир оз оғиб сочилади.

Жуфт ҳосил булиши

Энергияси 1,02 Мэв дан юқори булган γ -нурлар атом ядролари яқинидан утганда бу ядроларнинг майдонида электрон ва позитронга айланади.

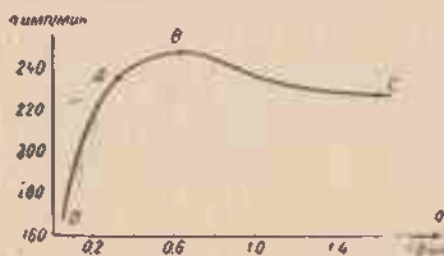
Бу процесслар натижасида γ -квант бутунлай йуқолади (фото-эффект ёки жуфт ҳосил булишида), ёки ўз энергиясининг бир қисмини йуқотади (Комптон эффектида). Юқорида айтилган процессларда тезлиги катта булган иккиламчи электронлар вужудга келади. Шундай қилиб, γ -нурлар счётчикнинг деворидан (катодидан) иккиламчи электронларни уриб чиқаради. Бу электронлар счётчик ичидаги газни ионлаштиради. Счётчик ўзига тушган γ -нурларни қайд қилади. Лекин, счётчикка тушган ҳамма γ -квантлар ҳам унинг деворидан электронларни уриб чиқаравермайди, иккиламчи электронларнинг ҳаммаси ҳам импульс ҳосил қилавермайди. Шунинг учун ҳам Гейгер—Мюллер счётчиги ўзига тушган γ -квантларнинг жуда оз қисмини қайд қилади.

Счётчик қайд қилган фотонлар сони N нинг счётчикка тушган фотонлар сони N_0 га нисбати счётчикнинг эффективлиги дейилади. Эффективликни ϵ билан белгиласак, у бундай ёзилади:

$$\epsilon = \frac{N}{N_0} \quad (1)$$

Счётчикнинг эффективлиги счётчик деворининг қалинлигига ва қандай материалдан ясалганига ҳамда тушган γ -фотоннинг энергиясига боғлиқдир.

n санаш тезлигининг счётчик деворининг d қалинлигига боғланиш эгри чизиги 191-расмда курсатилган. Девори юпқа булган



191- расм.

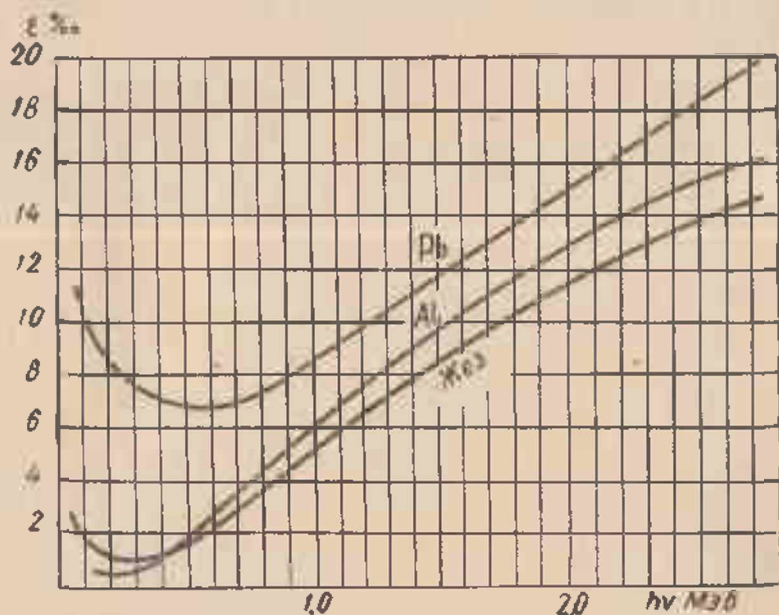
счётчикнинг эффективлиги катта булмайди, чунки бундай деворларга тушаётган фотонларнинг оз қисми девор атомлари билан ўзаро таъсир қилишади.

Счётчикнинг девори (катоди) қанча қалин булса, унинг эффективлиги ҳам шунча катта булади. Графикда бунини эгри чизикнинг OA қисми тасвирлайди. Девор янада қалин

булганда билан счётчикнинг эффективлиги жуда секин ошади ва ниҳоят B нуқтада эффективлик ошмай қўяди, бунини эгри чизикнинг

AB қисмидан куриш мумкин. Деворнинг газ хажмидан узоқдаги қатламларида ҳосил булган иккиламчи электронларнинг счётчик деворида ютилиши ва сочилиши оқибатида шундай булади.

Счётчик девори қалинлигининг бундан кейинги ортишида счётчикнинг эффективлиги камаё боради. Бунн графикнинг BC қисмида куриш мумкин. Шунинг учун ҳам γ -квантларни қайд кишиш



192- расм.

учун деворининг қалинлиги электронларнинг эркин чопиш масофаси миқдоридаги счётчиклар қулланилади. Бундай счётчикларнинг эффективлиги энг катта булади. Счётчикнинг эффективлиги катоднинг қандай моддадан ясалганига ва тушган γ -фотоннинг энергиясига ҳам боғлиқдир. Бу боғланиш 192-расмда кўрсатилган. Координаталар системасининг абсциссалар уқига счётчикка тушган фотонларнинг $M\alpha$ ҳисобидаги энергияси, ординаталар уқига эса счётчик эффективлигининг промилль ҳисобидаги қийматлари қўйилган.

Изотоплар билан ишлаганда бизни счётчикнинг вақт бирлиги ичида қайд қилган импульслари сони n қизиқтиради. Равшанки, импульслар сони n счётчикка тушган фотонларнинг N сони билан счётчикнинг ϵ эффективлигига тўғри пропорционалдир. N ҳам уз навбатида перепаратнинг A активлиги билан ҳар бир ядро емирилишида ундан чиққан фотонларнинг q сонига тўғри пропорционалдир.

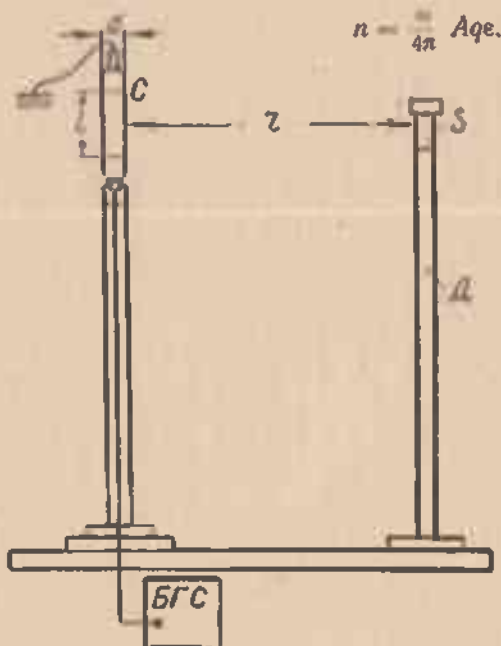
Шундай қилиб,

$$n = aAq\epsilon, \quad (2)$$

бу ерда a — пропорционаллик коэффициенти булиб, у нуқтавий манбадан счётчик кўриниб турган ω фазовий бурчакнинг 4π фазовий бурчакка нисбатидир:

$$a = \frac{\omega}{4\pi}. \quad (3)$$

(3) га асосан (2) ни қуйидагича ёзамиз:



193- расм.

$$n = \frac{\omega}{4\pi} A q \epsilon. \quad (4)$$

Счётчик γ -нурлар манбадан r масофада жойлашган булсин (193- расм), деб фарз қилайлик. Бунда фазовий бурчак:

$$\omega = \frac{4\pi r^2}{r^2}. \quad (5)$$

ω нинг (5) ифодасини (4) га қуямиз:

$$n = \frac{4\pi r^2}{4\pi r^2} A q \epsilon.$$

бундан

$$\epsilon = \frac{4\pi r^2}{A q 4\pi r^2}. \quad (6)$$

Агар ядронинг битта емирилишида энергиялари $h\nu_1, h\nu_2, h\nu_3, \dots$ бўлган бир неча фотон чиқса ва счётчикнинг бу энергияларга оид $\epsilon_{11}, \epsilon_{12}, \epsilon_{13}, \dots$ эффективлиги ҳар хил булса, счётчикнинг вақт бирлигида

қайд қилган импульслар сони n , қуйидагича ёзилади:

$$n = \frac{4\pi r^2}{4\pi r^2} (n_1 \epsilon_{11} + n_2 \epsilon_{12} + n_3 \epsilon_{13} + \dots). \quad (7)$$

Бу ишда γ -квантлар манбаи сифатида Co^{60} ишлатилади. Co^{60} нинг ҳар бир ядроси емирилганида ундан энергиялари 1,17 Мэв ва 1,33 Мэв булган иккита фотон чиқади. Co^{60} дан чиққан квантларнинг энергиялари бир-биридан оз фарқ қилганлиги учун уларга тўғри келган ϵ_1 ва ϵ_2 эффективликларни ҳам амалда ўзаро тенг деб олиш мумкин. Co^{60} учун $q = 2$ булганлиги сабабли (6) тенглама бундай ёзилади:

$$\epsilon = \frac{4\pi r^2}{A 4\pi r^2}. \quad (8)$$

Ишнинг бажарилиши

«Б» қурилмани токка улаб, унинг иши текширилади. Счётчикка қучланиш берилади. Счётчикнинг фои n_{ϕ} улчанади. Бунинг учун импульслар 10 минут давомида қайд қилинади. Сунгра активлиги 4 булган Co^{60} тутқичнинг S гильзасига урнатилади. Тутқич счётчикдан $r = 200$ см масофада урнатилиб, Co^{60} чиқарган γ -нурланишнинг ҳосил қилган импульсларни санаш тезлиги n улчанади. $r = 150$ см ва $r = 100$ см булган ҳоллар учун ҳам санаш тезлиги аниқланади. Буларда камида 1000 импульс қайд қилинади. Сунгра счётчикнинг буйлама кесим юзи ld топилади.

Бунинг учун счётчикнинг d диаметри штангенциркуль билан, катодининг l узунлиги сантиметрли чизғич ёрдамида улчанади. Ўлчаш натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади.

Счётчик №

Иш қучланиши в

Фон n_{ϕ} мик

Материал и геометрия объекта	Расстояние от источника к детектору	Диаметр катода	Диаметр аннода	Углы разлета частиц	Средняя плотность	Время счёта	Число импульсов за время	Число импульсов за время	Число импульсов за время	Число импульсов за время

$$ld = \dots$$

$$\epsilon_1 = \dots$$

$$A = \dots \frac{\text{см}^2}{\text{мин}}$$

$$\epsilon_2 = \dots$$

Счётчикнинг «улик» вақтини ҳисобга олиб, унинг санаш тезлигига тузатма киритиш учун қуйидаги ифодадан фойдаланиш керак:

$$n = \frac{n'}{1 - n'\tau}$$

γ -нурларни қайд қиладиган оддий Гейгер—Мюллер счётчиклари учун «улик» вақти $\tau = 3 \cdot 10^{-6}$ мин. Тажриба учун танлаб олинган шароитда ҳар хил r масофалар учун $r^2(n - n_{\phi})$ миқдор тахминан бир хил чиқади. Счётчикнинг эффективлигини топиш учун, тажрибадан олинган $r^2(n - n_{\phi})$ миқдори, ўлчаб топилган ld ва манба-

нинг A активлигини (8) тенгламага қўйиш керак. 200 см, 150 см ва 100 см масофаларга оид ϵ_1 , ϵ_2 ва ϵ_3 эффективликлардан уларнинг ўртача қиймати ϵ топилади.

Ҳисоблаш натижалари тажриба протоколига ёзилади.

77- иш. CO^{60} изотопидан чиқадиган γ - нурларнинг алюминийда, темирда ва қўрғошинда ютилиш коэффициентини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) Гейгер — Мюллер счсчиги, 2) қўрғошин уйча, 3) γ - нури учун қўрғошин коллиматор; 4) алюминий, темир ва қўрғошиндан ясалган пластинкалар (йутувчилар), 5) «Б» типдаги қурилма, 6) активлиги 1—3 акюри булган CO^{60} препарати.

Иш туғрисида тушунча

γ - нурлар моддадан ўтганда ютилади, модда қанчалик қалин булса, нурлар шунчалик кўп ютилади. γ - нурлар рентген нурлари каби экспоненциал қонун бўйича ютилади:

$$J_x = J_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

Бундаги μ миқдор γ - нурнинг энергияси ва муҳитнинг хоссаларига боғлиқ булган ютилишининг чизиқли коэффициенти; J_0 — тушаётган γ - нурнинг интенсивлиги; J_x — нурларнинг x см ли модда қатламидан ўтгандан кейинги интенсивлиги; e — 2,71 бўлиб, натурал логарифмининг асосидир. Агар йутувчининг қалинлиги сантиметр билан олинса, μ нинг ўлчамлиги см^{-1} булади. (1) нинг иккала томонини логарифмласак,

$$\mu x = -\ln J_x + \ln J_0$$

ёки

$$\mu = \frac{\ln J_0 - \ln J_x}{x} \quad (2)$$

γ - нурлар моддада асосан уч процесс ҳисобига, яъни фотоэффект, Комптон эффекти ва жуфт ҳосил бўлиш ҳисобига ютилади:

$$\mu = \mu_{\text{ф}} + \mu_{\text{к}} + \mu_{\text{ж}}$$

бу ерда $\mu_{\text{ф}}$ — γ - нурларнинг фотоэффект туфайли ютилиш коэффициенти,

$\mu_{\text{к}}$ — γ - нурларнинг Комптон эффекти туфайли ютилиш коэффициенти,

$\mu_{\text{ж}}$ — γ - нурларнинг жуфт ҳосил бўлиши туфайли ютилиш коэффициенти.

Ишнинг бажарилиши

Қурилманинг схемаси 194-расмда курсатилган. γ -нурлар манбаи қўрғошин уйча ичига ўрнатилади, γ -нурлар шуъласи (дастаси) қўрғошин пустлоқнинг ингичка тешигидан деярли параллел нурлар бўлиб чиқади.



194- расм. γ - нурининг ютилиш коэффициентини аниқлаш учун қўлланиладиган қурилма.

Счётчикнинг космик нурлар ва лабораториядаги бошқа манбалар таъсири натижасида ҳосил буладиган фониини камайтириш учун счётчик ҳам қўрғошин уйча ичига ўрнатилади.

«Б» типдаги ҳисоблаш қурилмасини электр токига улаб, унинг иши текширилади. Счётчикка керакли кучланиш берилади, сўнгра счётчикнинг n_{ϕ} фони ўлчанади, бунда импульслар 20—30 минут давомида қайд қилинади. Co^{60} препарат қўрғошин уйча ичига ўрнатилади ва ютувчисиз ҳисоблаш тезлиги n_0 ўлчанади. Бу n_0 тезлик J_0 га пропорционалдир.

Ундан сўнг манба билан счётчик орасига маълум d қалинликдаги металл пластинкаларни навбат билан қўйиб, ҳар бир қалинликка оид ҳисоблаш тезлиги (n_d) ни ёзиб борилади. n_d эса J_d га тўғри пропорционалдир.

Бу тажриба алюминий, темир ва қўрғошин пластинкалар учун алоҳида-алоҳида бажарилади. Тажрибани тамомлагандан сўнг қурилмани токдан ажратиб, Co^{60} препаратни ҳам олиб, лаборантга топшириш керак.

Тажриба натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади.

Счётчик №

Иш кучланиши в

Фон $n_{\phi} = \dots\dots\dots \frac{\text{имп}}{\text{мин}}$

Т-ф-н рақами	Числител паралли, d	Учун асос m, 1 мм	Числител на счётчик критик	Нисбати аппарат критик	Собор олинган натияжлар фони	Хисобга олинган фони	Числител паралли, d	Учун асос m, 1 мм	Числител на счётчик критик

Счётчикнинг фони хисобга олиб, (2) тенгламани қуйидагича ёза оламиз:

$$\mu = \frac{\ln(I_0 - I_f) - \ln(I - I_f)}{d} \quad (3)$$

Жадвалдан олинган натижаларни (3) тенгламага қуйиб, учала хил ютувчи учун μ нурларнинг чизиқли ютилиш коэффициентини топилади.

Топилган натижалар қуйидаги жадвалга ёзилади.

Ютувчи модда	
Алюминий	
Темир	
Қурғошин	

78- иш. α -заррачаларнинг энергиясини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) «Тисс» типдаги қуролма, 2) α -заррачаларни қайд қиладиган счётчик, 3) радиоактив манба (препарат), 4) препаратнинг силжизишни улчайдиган микроскопик қуролма, 5) секундомер.

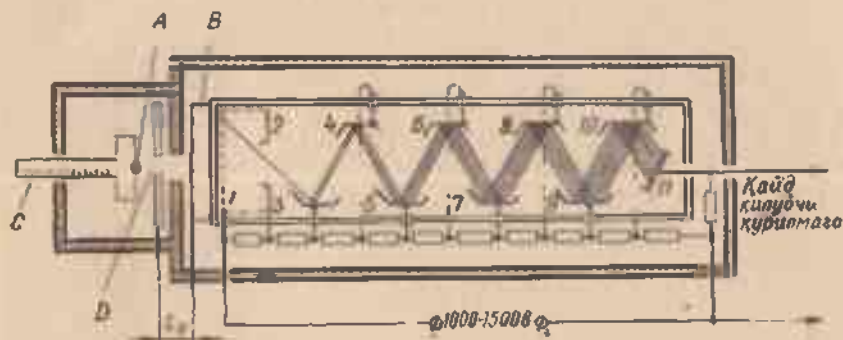
Иш тўғрисида тушунча

α -заррачаларнинг энергиясини аниқлаш учун уларнинг ҳавода эркин чопиш масофасини ўлчаш керак, чунки уларнинг эркин чопиш йули узунлиги энергиясига боғлиқдир. Бу боғланиш қуйидаги эмпирик формула билан ифодаланади:

$$\lambda = 0.32E^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

бу ерда λ — α -заррачаларнинг ҳавода эркин чопиш йули узунлиги (сантиметр ҳисобида), E — α -заррачаларнинг $M\alpha\epsilon$ да олинган энергияси.

α -заррачаларнинг ҳавода чопиш йули узунлигини аниқлашда «Тисс» радиометри ишлатилади. «Тисс» радиометрининг люминесценцияловчи экрани ва фотоэлектрон кўпайтиргичи бор. Экраннинг α -заррача тушган нуқтасида чақнаш юз беради, буни фотокупайтиргич қайд қилади ва кучайтиради.



195- расм. α -заррачалар счётчикининг схемаси.

Фотоэлектрон кўпайтиргичнинг (195- расм) ишлаш принципи қуйидагичадир: унинг 2, 3, ..., 11 электродлари ёруғлик таъсири остида 1 катодда ҳосил булган сигнални кучайтиради. Ҳар бир электрод-эмиттернинг потенциали бир-бирига нисбатан ортиб боради.

А манбадан чиққан α -заррачалар В экранга келиб урилгандан сунг экранда чақнаш юз беради. Бу чақнаш фотокупайтиргич катодидан эркин электронларни уриб чиқаради ва бу эркин электронлар «Тисс» радиометрига берилади. Шундай қилиб, «Тисс» радиометри сцинтилляцион счётчикка тушган α -заррачаларни қайд қилади.

Ишнинг бажарилиши

1. «Тисс» радиометрини токка уламасдан олдин, уни бошқариш билан танишиб олиш лозим (196- расм).

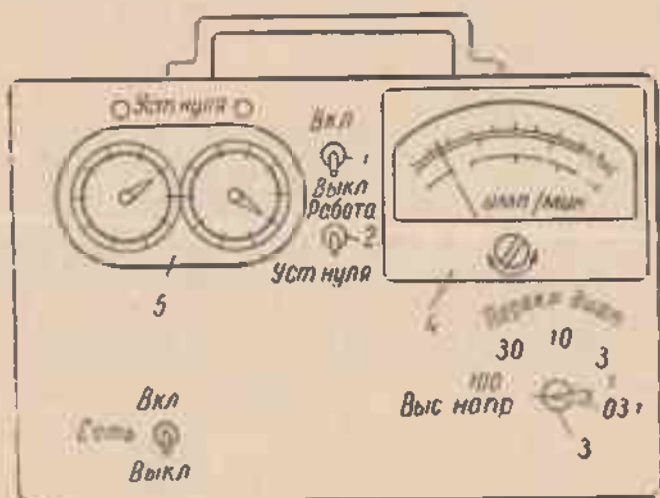
2) Радиометри токка улаб:

а) «перекл. диапазон» номли 3 дастасини бураб «выс. напр» ҳолатига қўйиб, фотокупайтиргичга 1500 в кучланиш бериш керак. Фотокупайтиргичга берилган кучланиш асбобнинг 4 шкаласига қараб ўлчанади. (Кучланишни лаборант улайди.)

б) 5 механик счётчик нолга қўйилиб, 2 тумблер «работа» ҳолатига қўйилади.

в) Препарат (α -заррачалар манбаи) экрандан l_0 масофада жойлаштирилади (195-расм).

г) I тумблер ва секундомерни бир вақтда босиб, 3 минутдан сунг иккаласи ҳам тухтатилади. Счётчикдан импульслар сони N ёзиб олинади.



196- расм. «Тисс» радиометри.

д) l_0 масофани 0,5 см ошириб, тажриба яна такрорланади. Импульслар сони N ёзиб олинади.

е) Счётчик α -заррачаларни қайд қилишни тухтатганга қадар масофани ҳар гал 0,5 см дан ошириб, тажриба такрорланаверади. Чиққан натижалар қуйидаги жадвалга ёзиб борилади.

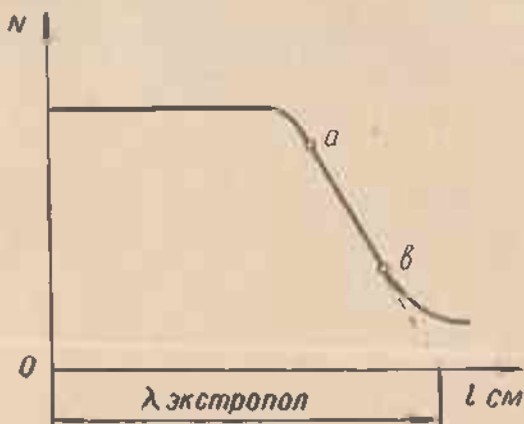
Тартиб рақами	$l + \Delta l$ см	Қайд қилинган импульслар сони N
1	$(l_0 + 0,5)$ см	
2	$(l_0 + 1)$ см	
3	$(l_0 + 1,5)$ см	

Қайд қилинган импульслар сони N билан l нинг узаро боғланиш графиги тажриба натижалари асосида чизилади.

График 197-расмда курсатилгандек булади.

Шундай қилиб α -зарраларнинг эркин чопиш йули узунлиги λ ни аниқлаш учун графикнинг туғри чизиқли қисми горизонтал уқ

билан кесишгунча давом эттирилиб, λ топилади. Бу усул экстраполяция усули деб аталади. Тажрибадан топилган λ ни (1) тенгламага қўйиб, α -заррачаларнинг энергияси аниқланади.



197- расм.

79- иш. Тула ютилиш методи билан β -нурлар спектрининг юқори чегарасини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: 1) қўрғошнинг уйча на Б-2 счётиги, 2) алюминий на мисдан ясалган ютувчи пластинкалар тўплами, 3) «Б» типдаги қурилма, 4) β -нурлар манбаи (активлиги 0,1 мкюри) булган ^{137}Cs препарат.

Иш туғрисида тушунча

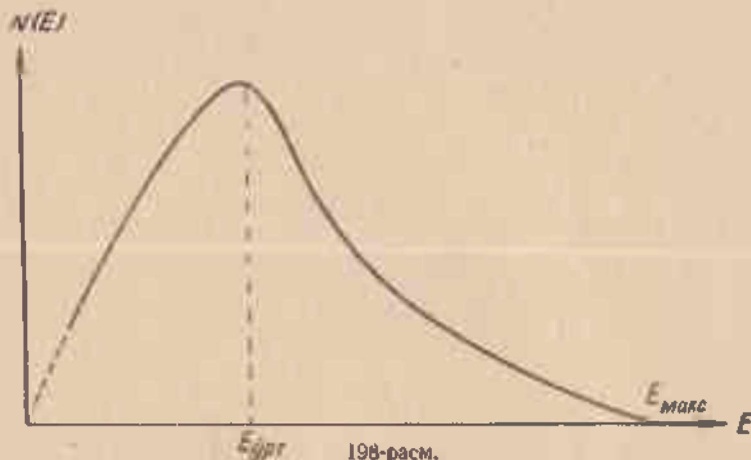
β -нурлар энергияларининг қиймати нолдан бошлаб бирор максимал қийматга қадар узгаради, яъни β -нурлар энергиясининг спектри туташ булади. Агар координаталар системасининг абсциссалар уқига β -заррачанинг E энергиясини ва ординаталар уқига шу энергияга эга булган заррачаларнинг $N(E)$ сонини қўйсак, 198-расмда курсатилган туташ эгри чизик хосил булади.

β -заррачаларнинг уртача энергияси максимал энергиянинг тахминан учдан бир қисмига тенг булади.

β -заррачаларнинг энергияси максимал қийматдан кам булганда уларнинг қолган энергияси қаёққа кетади деган савол туғилади.

Бу ҳолни тушунтириш учун 1931 йилда Паули бундай гипотезани таклиф қилди. Бу гипотезага кўра β -емирилишда ядро β -заррачалар билан бирга ҳар гал яна бир енгил нейтрал заррача—нейтрино ҳам чиқаради. Нейтрионинг массаси жуда кичик (электрон массасидан 300 марта кичик). Ана шу заррача энергиянинг бир қисмини олиб кетади. Энергиянинг бу қисми билан β -заррача олиб кетган энергия бирга-

ликда $E_{\max}$ га тенг бўлади. Энергия β -заррачалар ва нейтрино орасида турлича тақсимланганлиги сабабли энергиянинг туташ (узлуксиз) спектри ҳосил бўлади. Нейтрино заррачаси ҳақидаги тушунчанинг киритилиши билан β -емирилишда энергиянинг сақланиш қонуни изохланди. Атомлар ядросида β -заррачалар (электронлар ва позитронлар) бўлмагани ҳолда улар қандай қилиб бу заррачаларни



чиқаради деган савол ҳам туғилади. Атом ядросининг β -заррачалар чиқариш процессини Паули ядрога нейтронлар электрон чиқарган ҳолда протонларга айланади ва аксинча, протонлар эса позитронлар чиқариб нейтронларга айланади деб изохлади.

Турли хил радиоактив моддалар чиқарган β -заррачалар спектрининг юқори чегараси турлича бўлиб, у 15 кэв дан 15 мэв га қадар бўлади. β -нур енгил заррачалардан иборат бўлганлиги учун, ютувчи моддадан ўтганда узининг бошланғич ҳаракат йўналишини ўзгартади. Шундай қилиб, β -нур маълум d масофани ўтгандан сўнг ютувчи модда ичида тухтаб қолади. d масофа β -заррачаларнинг эркин чопиш масофаси дейилади. Бир радиоактив модда чиқарган β -заррачаларнинг ҳар бири ҳар хил бошланғич энергияга эга бўлганлиги учун ҳар бирининг эркин чопиш масофаси ҳам ҳар хил бўлади. E энергияси кичик бўлган β -заррачанинг эркин чопиш масофаси d ҳам кичик бўлиб, энергияси катта бўлганининг эркин чопиш масофаси ҳам катта бўлади. Энергияси энг катта E_M (энергия спектрининг юқориги чегараси) бўлган заррачаларнинг эркин чопиш масофаси ҳам энг катта d_M бўлади. Ютувчи модда алюминий бўлиб, β -спектрининг юқориги чегараси 0,8 мэв дан катта бўлганда E_M билан d_M ларнинг ўзаро боғланиши қуйидаги ярим эмпирик формула билан ифодаланади:

$$d_M = R = 0,542 E_M - 0,133, \quad (1)$$

бу ерда d_M — максимум ютилиш қалинлиги (сантиметр ҳисобида), ρ — алюминийнинг зичлиги ($\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$), E_M — β -нур энергия спектри-нинг юқориги чегараси (Мэв), R — ютувчининг 1 см² юзига тўғри келган масса бўлиб, $\frac{\text{г}}{\text{см}^2}$ ҳисобида олинади. $0,15 \text{ Мэв} < E < 0,8 \text{ Мэв}$ бўлганда β -нурлар учун E_M билан R нинг ўзаро боғланиши қуйи-дагича ифодаланади:

$$R = 0,407 E_M^{1,38} \quad (2)$$

$E_M < 0,2 \text{ Мэв}$ бўлганда, E_M билан R орасидаги боғланиш

$$R = 0,007 E_M^2 \quad (3)$$

ва $0,03 \text{ Мэв} < E_M < 0,15 \text{ Мэв}$ бўлганда бу боғланиш

$$R = 0,15 E_M - 0,0028 \quad (4)$$

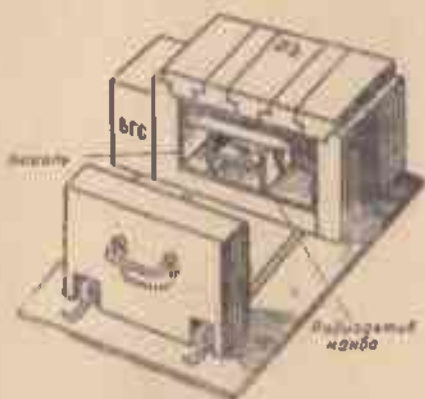
бўлади.

Ишнинг бажарилиши

Аввало «Б» типдаги қурилмани токка улаб, унинг тўғри ишла-шига ишонч ҳосил қилиш керак. Сунгра қурғошин уйчага (199-расм) β -заррачаларни қайд қиладиган счётчикни урнатиб, унга керакли кучла-ниш берилади. Қурғошин уйчанинг оғзини бекитиб, счётчикнинг фони аниқланади. Кейин β -нурлар манбаи (Р^{32} препарат) уйча-нинг ичида счётчикнинг тагига жойлаштирилиб, ютувчи мод-дасиз санаш тезлиги ўлчанади, ундан сунг манба билан счёт-чик орасига қалинлиги 0,2 мм бўлган алюминий пластинка қуйилиб, яна санаш тезлиги ўлчанади. Бундай пластинка-лар битта-биттадан оширилиб, ҳар гал санаш тезлиги ўлчаб борилади.

Санаш тезлиги счётчикнинг фонига етгунга қадар тажриба давом эттирилади. Санаш тез-лиги счётчикнинг фонига тенг бўлгандаги ютувчи модданинг қалинлиги (d_M) билан шу модданинг (алюминий) ρ зичлиги купайтмаси R га тенг бўлади:

$$R = d_M \rho$$



199-расм. Қурғошин уйча.

Тажрибадан олинган натижалар қуйидаги жадвалга ёзилади.

Ютувчининг қалинлиги d (см)	Сирт эңчилиги $R=d \cdot \rho$ 	Улчаш муддати (мин)	Электромеханик счётчик кўрсатиши	Неон лампаларининг кўрсатиши	Қайд қилинган импульсларнинг умумий сони	Санаш тезлиги λ 

Тулиқ ютилиш қалинлиги $d_M = \dots$ см, тулиқ ютилишдаги сирт эңчилиги $R = \dots$ (1), (2), (3), (4) тенгламаларнинг бирортасидан фойдаланиб, β -нурлар энергия спектрининг юқориги чегараси E_M топилади. $E_M = \dots$ Мэв.

ЖАДВАЛЛАР

1. Бирликларнинг халқаро системаси (СИ) ГОСТ 9867—61 бўйича

Мўқдор	Билвос бирлиги	Бирликларнинг қисқача белгиси		Ҳосиллавий бирликларнинг ўлчови
		русчаси	латинчаси	
1	2	3		4
Асосий бирликлар				
Узунлик	Метр	м	m	—
Масса	Килограмм	кг	kg	—
Вақт	Секунд	сек	s	—
Электр токининг кучи	Ампер	а	A	—
Термодинамик температура	Келвин градуси	°K	°K	—
Еруелик кучи	Шам	ш	cd	—
Қўшимча бирликлар				
Ясси бурчак	Раднан	рад	rad	—
Фазовий бурчак	Стераднан	стер	Sr	
Ҳосиллавий бирликлар				
Юз	Квадрат метр	м ²	m ²	(1 м) ²
Ҳажм	Куб метр	м ³	m ³	(1 м) ³
Частота	Герц	гц	Hz	1 : (1сек)
Зичлик	Куб метрига килограмм	кг/м ³	kg/m ³	(1кг) : (1м) ³
Тезлик	Секундига метр	м/сек	m/s	(1м) : (1сек)

Миқдор	Ўлчов бирлиги	Бирликларнинг қисқача белгиси		Ҳосиллаш бирликларининг ўлчами
		русчаси	латинчаси	
1	2	3		4
Бурчак тезлик Тезланиш	Секундига радиан Квадрат секундига метр	$рад/сек$ $м/сек^2$	rad/s m/s^2	$(1рад) : (1сек)$ $(1м) : (1сек)^2$
Бурчак тезланиш	Квадрат секундига раиан	$рад/сек^2$	rad/s^2	$(1рад) : (1сек)^2$
Куч	Ньютон	$н$	N	$(1н) \cdot (1м) : (1сек)^2$
Босим (механик кучланиш)	Ньютон метрига ньютон	$н/м^2$	N/m^2	$(1н) : (1м^2)$
Динамик қовушоқлик	Квадрат метрига ньютон-секунд	$н \cdot сек/м^2$	$N \cdot s/m^2$	$(1н) \cdot (1сек) : (1м)^2$
Кинематик қовушоқлик	Секундига квадрат метр	$н^2/сек$	m^2/s	$(1м)^2 : (1сек)$
Иш, энергия, иссиқлик миқдори	Жоуль	$ж$	J	$(1н) \cdot (1м)$
Қувват	Ватт	$вт$	W	$(1 ж) : (1 сек)$
Электр миқдори, электр заряди	Кулон	$к$	C	$(1 а) (1 сек)$
Электр кучланиш, электр потенциаллари айирмаси, электр юритувчи куч	Вольт	$в$	V	$(1 вт) : (1 а)$
Электр майдонининг кучланганлиги	Метрига вольт	$в/м$	V/m	$(1 в) : (1м)$
Электр қаршилик	Ом	$ом$	Ω	$(1в) : (1а)$
Электр сигими	Фарада	$ф$	F	$(1к) : (1в)$
Магнит индукцияси оқими	Вебер	$вб$	Wb	$(1к) (1ам)$
Индуктивлик	Генри	$гн$	H	$(1вб) : (1а)$
Магнит индукцияси	Тесла	$тл$	T	$(1вб) : (1м)^2$
Магнит майдонининг кучланганлиги	Метрига ампер	$а/м$	A/m	$(1а) : (1м)$
Магнит юритувчи куч	Ампер	$а$	A	$(1а)$
Еруғлик оқими	Люмен	$лм$	lm	$(1ш) \cdot (1стер)$
Ёрқинлик	Квадрат метрига шам, ёки нит	$лм/м^2$ ёки $нт$	cd/m^2 ёки nt	$(1ш) : (1м)^2$
Ёритилганлик	Люкс	$лк$	lx	$(1лм) : (1м)^2$

2. Барометр курсатишнинг 0° C га келтириш

Барометрнинг (0° C да туғри булган масштаб бўйича) t° да улчанган H баландлигидан ($0,000182 - \beta$) кўпайтма айрилган. Жез масштабнинг кенгайиш коэффициенти $\beta = 0,000019$ деб олинган; шиша масштаб учун сонлар $0,008 t$ та орттирилиши лозим (охирги устунчага қаранг).

Улчанган H баландлик (м.м ҳисобида)												0,008 $\times t$
	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780	
1	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,01
2	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,02
3	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38	0,02
4	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51	0,03
5	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,04
6	0,67	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,05
7	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,06
8	0,89	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99	1,00	1,02	0,06
9	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,10	1,11	1,13	1,14	0,07
10	1,11	1,12	1,14	1,16	1,17	1,19	1,21	1,22	1,24	1,26	1,27	0,08
11	1,22	1,24	1,26	1,27	1,29	1,31	1,33	1,34	1,36	1,38	1,40	0,09
12	1,33	1,35	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53	0,10
13	1,44	1,46	1,48	1,50	1,53	1,55	1,57	1,59	1,61	1,63	1,65	0,10
14	1,55	1,57	1,60	1,62	1,64	1,67	1,69	1,71	1,73	1,76	1,78	0,11
15	1,66	1,69	1,71	1,74	1,76	1,78	1,81	1,83	1,86	1,88	1,91	0,12
16	1,77	1,80	1,83	1,85	1,88	1,90	1,93	1,96	1,98	2,01	2,03	0,13
17	1,88	1,91	1,94	1,97	2,00	2,02	2,05	2,08	2,11	2,13	2,16	0,14
18	2,00	2,02	2,05	2,08	2,11	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29	0,14
19	2,11	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29	2,32	2,35	2,38	2,42	0,15
20	2,22	2,25	2,28	2,31	2,35	2,38	2,41	2,45	2,48	2,51	2,54	0,16
21	2,33	2,36	2,40	2,43	2,46	2,50	2,53	2,57	2,60	2,64	2,67	0,17
22	2,44	2,47	2,51	2,55	2,58	2,62	2,65	2,69	2,73	2,76	2,80	0,18
23	2,55	2,59	2,62	2,66	2,70	2,74	2,77	2,81	2,85	2,89	2,92	0,18
24	2,66	2,70	2,74	2,78	2,82	2,86	2,89	2,93	2,97	3,01	3,05	0,19
25	2,77	2,81	2,85	2,89	2,93	2,97	3,02	3,06	3,10	3,14	3,18	0,20
26	2,88	2,92	2,97	3,01	3,05	3,09	3,14	3,18	3,22	3,26	3,31	0,21
27	2,99	3,04	3,08	3,12	3,17	3,21	3,26	3,30	3,34	3,39	3,43	0,22
28	3,10	3,15	3,19	3,24	3,29	3,33	3,38	3,42	3,47	3,51	3,56	0,22
29	3,21	3,26	3,31	3,36	3,40	3,45	3,50	3,55	3,59	3,64	3,69	0,23
30	3,33	3,37	3,42	3,47	3,52	3,57	3,62	3,67	3,72	3,77	3,81	0,24
31	3,44	3,49	3,54	3,59	3,64	3,69	3,74	3,79	3,84	3,89	3,94	0,25
32	3,55	3,60	3,65	3,70	3,76	3,81	3,86	3,91	3,96	4,02	4,07	0,26
33	3,66	3,71	3,77	3,82	3,87	3,93	3,98	4,03	4,09	4,14	4,20	0,26
34	3,77	3,82	3,88	3,93	3,99	4,05	4,10	4,16	4,21	4,27	4,32	0,27
35	3,88	3,94	3,99	4,05	4,11	4,16	4,22	4,28	4,34	4,39	4,45	0,28

3. Капиллярлик туфайли барометр кўрсатишига киритиладиган тузатма

(Тузатма мм ҳисобида берилган, дони ун ўлча нган баландликка қўшиш керак.)

Найчанинг диаметри (мм ҳисобида)	Мениск баландлиги (мм ҳисобида)							
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9
4	0,83	1,22	1,54	1,98	2,37	—	—	—
5	0,47	0,65	0,86	1,19	1,45	1,80	—	—
6	0,27	0,41	0,56	0,78	0,98	1,21	1,43	—
7	0,18	0,28	0,40	0,53	0,67	0,82	0,97	1,13
8	—	0,20	0,29	0,38	0,46	0,56	0,65	0,77
9	—	0,15	0,21	0,28	0,33	0,40	0,46	0,52
10	—	—	0,15	0,20	0,25	0,29	0,33	0,37
11	—	—	0,10	0,14	0,18	0,21	0,24	0,27
12	—	—	0,07	0,10	0,13	0,15	0,18	0,19
13	—	—	0,04	0,07	0,10	0,12	0,13	0,14

4. Жисм оғирлигини бўшликдаги оғирлигига келтириш

1 см³ жез тошнинг ҳақиқий оғирлиги 8,4 г деб олинган: 1 см³ ҳавонинг ҳақиқий оғирлиги эса 0,00120 г деб олинган. Агар ҳақиқий оғирлиги df бўлган см³ жисм ҳавода mg келса, унинг оғирлигига mk мг қўшиш керак, бундаги k

$$k = 1,20 \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{8,4} \right)$$

формуладан топилади.

d	k	d	k	d	k
0,7	+1,57	2,0	+0,457	8	+0,007
0,8	1,36	2,5	0,337	9	—0,010
0,9	1,19	3,0	0,257	10	—0,023
1,0	1,06	3,5	0,200	11	—0,034
1,1	0,95	4,0	0,157	12	—0,043
1,2	0,86	4,5	0,124	13	—0,051
1,3	0,78	5,0	0,097	14	—0,057
1,4	0,71	5,5	0,075	15	—0,063
1,5	0,66	6,0	0,057	16	—0,068
1,6	0,61	6,5	0,042	17	—0,072
1,7	0,56	7,0	0,029	18	—0,076
1,8	0,52	7,5	0,017	19	—0,080
1,9	0,49	8,0	+0,007	20	—0,083
2,0	+0,46	—	—	21	—0,086

5. Турли температураларда қуруқ ҳавонинг зичлиги

Ғ температурадаги ва H мм симоб устуни босимидаги қуруқ ҳавонинг δ зичлиги

$$\delta = \frac{0,0012932}{1 + 0,00367 \cdot t} \cdot \frac{H}{760}$$

формуладан топилади.

H (мм снм. уст. ҳисобида)									
°C	700	710	720	730	740	750	760	770	780
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	1191	1208	1225	1242	1259	1276	1293	1310	1327
1	1187	1204	1221	1238	1255	1272	1288	1305	1322
2	1182	1199	1216	1233	1250	1267	1284	1300	1318
3	1178	1195	1212	1229	1245	1262	1279	1296	1313
4	1174	1191	1207	1224	1241	1258	1274	1291	1308
5	1170	1186	1203	1220	1236	1253	1270	1287	1303
6	1165	1182	1199	1215	1232	1249	1265	1282	1299
7	1161	1178	1194	1211	1228	1244	1261	1277	1294
8	1157	1174	1190	1207	1223	1240	1256	1273	1289
9	1153	1169	1186	1202	1219	1235	1252	1268	1285
10	1149	1165	1182	1198	1215	1231	1247	1264	1280
11	1145	1161	1178	1194	1210	1227	1243	1259	1276
12	1141	1157	1173	1190	1206	1222	1239	1255	1271
13	1137	1153	1169	1186	1202	1218	1234	1251	1267
14	1133	1149	1165	1181	1198	1214	1230	1246	1262
15	1129	1145	1161	1177	1193	1210	1226	1242	1258
16	1125	1141	1157	1173	1189	1205	1221	1238	1254
17	1121	1137	1153	1169	1185	1201	1217	1233	1249
18	1117	1133	1149	1165	1181	1197	1213	1229	1245
19	1113	1129	1145	1161	1177	1193	1209	1225	1241
20	1110	1126	1141	1157	1173	1189	1205	1221	1236
21	1106	1122	1137	1153	1169	1185	1201	1216	1232
22	1102	1118	1134	1149	1165	1181	1197	1212	1228
23	1098	1114	1130	1145	1161	1177	1193	1208	1224
24	1095	1110	1126	1142	1157	1173	1189	1204	1220
25	1091	1107	1122	1138	1153	1169	1185	1200	1216
26	1087	1103	1118	1134	1149	1165	1181	1196	1212
27	1084	1099	1115	1130	1146	1161	1177	1192	1208
28	1080	1096	1111	1126	1142	1157	1173	1188	1204
29	1077	1092	1107	1123	1138	1153	1169	1184	1200
30	1073	1088	1104	1119	1134	1150	1165	1180	1196

6. Турли температураларда сувнинг зичлиги

t	Зичлик (г/см ³)	t	Зичлик (г/см ³)	t	Зичлик (г/см ³)
0	0,99987	12	0,99952	24	0,99732
1	0,99993	13	0,99940	25	0,99707
2	0,99997	14	0,99927	26	0,99681
3	0,99999	15	0,99913	27	0,99654
4	1,00000	16	0,99897	28	0,99626
5	0,99999	17	0,99880	29	0,99597
6	0,99997	18	0,99862	30	0,99567
7	0,99993	19	0,99843	31	0,99537
8	0,99988	20	0,99823	32	0,99505
9	0,99981	21	0,99802	33	0,99472
10	0,99973	22	0,99780	34	0,99440
11	0,99963	23	0,99757	35	0,99406

7. Турли температураларда симобнинг зичлиги (г/см³)

Температура градус. С	Градусларнинг бирликлари									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	13,5955	5930	5905	5880	5856	5831	5806	5772	5747	5722
10	5698	5683	5658	5634	5609	5584	5560	5535	5511	5486
20	5461	5437	5412	5388	5363	5339	5314	5290	5265	5241
30	5216	5191	5167	5142	5118	5094	5069	5045	5020	4996
40	4971	4947	4922	4898	4873	4849	4825	4800	4776	4751
50	4727	4703	4678	4654	4630	4605	4581	4557	4532	4508
60	4484	4459	4435	4411	4386	4362	4338	4314	4289	4265
70	4241	4217	4192	4168	4144	4120	4095	4071	4047	4023
80	3999	3975	3950	3926	3902	3878	3854	3830	3806	3781
90	3757	3733	3709	3685	3661	3637	3613	3589	3565	3541
100	3516	3492	—	—	—	—	—	—	—	—

8. Баъзи суюқликларнинг зичлиги

Номи	Химиявий формуласи	Зичлиги $\rho, \text{г/см}^3$	t, °C
Амил спирт	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	0,815	0
Анилин	$\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$	1,015	0
Ацетон	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	0,792	20
Бензол	C_6H_6	0,879	20
Сув	H_2O	1,000	4
Глицерин	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	1,260	0
Керосин		0,8	0
Ксилол	$\text{C}_8\text{H}_9(\text{CH}_3)_2$	0,85	18
Метил спирт	CH_4O	0,792	0
Нитробензол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$	1,21	18
Симоб	Hg	13,596	0
Олтингурут (этил) эфир	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}$	0,716	0
Углерод сульфит	CS_2	1,263	0
Скипидар	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	0,858	16
Толуол	C_7H_8	0,87	18
Сирка кислота	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	1,049	18
Хлороформ	CHCl_3	1,483	18
Этил спирт	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	0,789	0

9. Сувдаги эритмаларнинг зичлиги (18° C да) г/см^3

%	KOH	KCl	KJ	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	%
0	0,999	0,9986	0,9986	0,999	0
5	1,045	1,0308	1,0363	1,035	5
10	1,091	1,0638	1,0762	1,072	10
15	1,139	1,0978	1,1200	1,109	15
20	1,188	1,1335	1,1679		20
25	1,238	—	1,218	—	25
30	1,290	—	1,273	—	30
35	1,344	—	1,332	—	35
40	1,400	—	1,397	—	40
45	1,45	—	1,468	—	45
50	1,51	—	1,545	—	50
55	1,57	—	1,630	—	55
60	—	—	1,731	—	60

9 жадвалнинг давом

%	NH_4Cl	NaOH	NaCl	%
0	0,9986	0,9986	0,9986	0
5	1,0142	1,0545	1,0345	5
10	1,0289	1,1098	1,0711	10
15	1,0430	1,1650	1,1090	15

%	NH ₄ Cl	NaOH	NaCl	%
20	1,0571	1,2202	1,1485	20
25	1,0710	1,2751	1,1897	25
30	—	1,3290	—	30
35	—	1,3811	—	35
40	—	1,4314	—	40
45	—	1,4794	—	45
50	—	1,5268	—	50

%	ZnSO ₄	CuSO ₄	%
10	0,999	0,999	0
5	—	—	5
10	1,051	1,051	10
10	1,107	1,107	10
15	1,167	1,167	15
20	1,232	1,232*	20
25	1,305	ута тўйинган	25
30	1,379	—	30
35	—	—	35
40	—	—	40

%	AgNO ₃	HCl	HNO ₃	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	Силик	%
0	0,9986	0,9986	0,999	0,9986	0,999	0,9986	0
5	1,0422	1,0236	1,027	1,0323	1,027	0,9898	5
10	1,0893	1,0482	1,056	1,0669	1,054	0,9824	10
15	1,1404	1,0734	1,086	1,1030	1,083	0,9760	15
20	1,1958	1,0989	1,118	1,1406	1,114	0,9696	20
25	1,2555	1,1248	1,151	1,1796	1,145	0,9628	25
30	1,3213	1,1508	1,184	1,2199	1,179	0,9551	30
35	1,3945	1,1757	1,217	1,2614	1,214	0,9463	35
40	1,4773	1,199	1,250	1,3043	1,251	0,9367	40
45	1,5705	—	1,283	1,349	1,290	0,9264	45
50	1,6745	—	1,314	1,397	1,330	0,9155	50
55	1,7895	—	1,344	1,447	1,373	0,9043	55
60	1,9158	—	1,372	1,500	1,418	0,8928	60
65	—	—	1,397	1,555	1,464	0,8811	65
70	—	—	1,418	1,612	1,512	0,8693	70
75	—	—	1,438	1,671	1,562	0,8574	75
80	—	—	1,457	1,729	1,615	0,8452	80
85	—	—	1,473	1,781	1,672	0,8327	85
90	—	—	1,489	1,817	—	0,8197	90
95	—	—	1,50	1,836	—	0,8060	95
100	—	—	1,52	1,838	—	0,7911	100

10. Баъзи қаттиқ моддаларнинг зичлиги (г/см³)

Алебастр	2,25—2,87	Жез	8,3—8,7
Олмос	3,4—3,6	Муз	0,88—0,92
Алюминий бронзаси (90% мис + 10% алюминий)	7,7	Магний	1,74
Алюминий	2,69	Манганин	8,4
« (қуйма)	2,56	Марганец	7,8
« (тахталанган)	2,62—2,80	Мис (қуйма)	8,6—8,9
« (болғаланган)	2,70—2,80	« (тахталанган)	8,9—9,0
« (химиявий соф)	2,58	« (электrolитик)	8,88—8,96
Асбест	1,2—2,8	Мармар	2,52—2,84
Оқ баббит	7,1	Натрий	0,97
Қуруқ қайиш	0,51—0,77	Нашатир	1,52
Бор	2,4	Нейзильбер	8,4—8,7
Бром	3,12	Никелин	8,77
Бронза	8,7	Никель	8,4—9,2
Қуруқ уш	0,62—0,83	Қалай (қуйма)	7,23
Ёзув қоғози	0,70—1,15	« (тахталанган)	7,3—7,5
Висмут	9,76—9,93	Парафин	0,87—0,93
Вольфрам	19,1	Платина	21,2—21,7
Мум	0,95—0,99	Пушак	0,24
Кристалл гипс	2,17—2,31	Қанд	1,59
Қуйдирилган гипс	1,8	Қўрошин	11,22—11,44
Гранит	2,4—2,8	Олтингугурт (ромбик)	2,07
Графит	1,9—2,3	« (моноклиник)	1,96
Қуруқ дуб	0,7—1,03	Кумуш	10,42—10,57
Қуруқ арча	0,37—0,75	Слюда	2,6—3,2
Темир (химиявий соф)	7,86	Ош тузи	2,08—2,20
« (пайвандлаш темири)	7,8	Тош туз	2,28—2,41
« (қуйма)	7,85	Вуд қотиқмаси	9,7
Олтин	19,3	Қуруқ қараған	0,35—0,60
Оҳак шпат	2,71	Пулат (қуйма)	7,7—8,0
Исландия шпати	2,71	Шинша	2,4—2,6
Тошқумир (парчалари)	1,2—1,5	« (флинтглас)	3,0—5,9
Каучук	0,92—0,96	Сурьма	6,6
Калий	0,86	Фосфор (оқ)	1,8
Кварц	2,65	Рух	6,86—7,24
Константан	8,8	Чўян	6,6—7,3
		Эбонит	1,8

13. Қаттиқ жисмларнинг баъзи иссиқлик донимийлари

Номи	Кенгайиш коэффициен- ти α $\cdot 10^4$ от 0° до 100°	18° да иссиқлик сигими	18° да иссиқ- лик λ $\cdot 10^4$ сигими	Эриш нуқтаси °C	Эриш иссиқ- лиги
			град. см		
Алюминий . . .	0,238	0,214	0,48	658,7	76,8
Бронза	0,171—0,212	0,104	0,14	—	—
Висмут	0,135	0,31	0,019	271	12,64
Вольфрам	0,045	0,037	0,38	3380	—
Мум	7,1—15,2	—	—	63	42,3
Вуд қотишмаси	—	0,04	0,3	65,5	8,4
Қорз ёғоч	—	—	—	—	—
Дуб «	0,05—0,5	0,33	0,0005	—	—
Арча «	0,04—0,58	—	—	—	—
Олтин	0,145	0,032	0,70	1063	15,9
Темир	0,121	0,119	0,14	1530	23—33
Пулат	0,106	0,12	0,11	—	—
Чуяк	0,114	—	0,12	—	—
Инвар	0,009	—	0,011	—	—
Иридий	0,066	0,032	0,14	2350	—
Кадмий	0,316	0,057	0,22	320,9	13,66
Калий	0,83	0,17	0,23	62,3	15,7
Кальций	—	0,17	—	810	—
Қварц уқига I	0,134	0,19	0,016	—	—
« уқига II	0,08	—	0,033	—	—
« суюқ	0,0057	—	0,0024	—	—
Кобальт	0,124	0,103	—	1480	58,2
Константан	0,1523	0,10	0,054	—	—
Жез	0,188—0,193	0,0917	0,26	900 атрофида	—
Муз	0,51	0,50	0,006	0	79,63
Магналий	0,238	—	—	—	—
Магний	0,261	0,25	0,38	651	72
Магғанин	0,181	0,10	0,052	—	—
Мис	0,167	0,094	0,92	1083	42
Натрий	2,26	0,295	0,32	97,5	31,7
Нейзильбер	0,184	0,095	0,07	100 атрофида	—
Никелин	—	—	—	—	—
Никель	0,128	0,11	0,14	1452	58,3—73
Нихром	0,123	—	—	1100 атрофида	—
Қалай	0,230	0,055	0,157	231,9	14,0
Осмий	0,0679	0,031	—	2500	—
Палладий	0,118	0,059	0,168	1557	—
Парафин	1,07—4,7	—	0,0005	38—56	35,10
Платина	0,091	0,028	0,166	1770	—
Пушқак	—	0,69	0,001	—	—
Қурғошин	0,293	0,03	0,083	327	5,36
Олтингургурт . . .	1,18	0,175	0,0005	106,8—119,2	9,37
Кумуш	0,197	0,056	1,01	960,5	21
Шиша крон	0,09	0,16	0,0016	—	—
Шиша флинт	0,079	0,12	0,0014	—	—
Тантал	0,066	0,033	0,13	2800	—
Углерод (олмос)	0,0118	0,11	—	—	—
« (графит)	0,079	0,16	0,037	—	—
Чинни	0,04	—	0,0025	—	—
Рух	0,291	0,093	0,265	419,4	28,1
Эбонит	0,84	—	0,0004	—	—

14. Газ ҳажмининг 0° га ва 760 мм снм. уст. босимга келтириш

Агар t° температура ва H мм босимда газнинг ҳажми o , эиндиги b булса, унда газнинг 0° температура ва 760 мм босимдаги o_0 ҳажми ва b_0 эиндиги:

$$o_0 = \frac{o}{1+\alpha t} \cdot \frac{H}{760}$$
 формулалар воситасида ҳисобланади, буида $\alpha=0,00367$.

	$1+\alpha t$	$t^\circ C$	$1+\alpha t$	$t^\circ C$	$1+\alpha t$	H мм	H мм	H мм	H 760
0	1,0000	40	1,1468	80	1,2936	700	0,9211	740	0,9737
1	1,0037	41	1,1505	81	1,2973	701	0,9224	741	0,9750
2	1,0073	42	1,1541	82	1,3009	702	0,9237	742	0,9763
3	1,0110	43	1,1578	83	1,3046	703	0,9250	743	0,9776
4	1,0147	44	1,1615	84	1,3083	704	0,9263	744	0,9789
5	1,0183	45	1,1651	85	1,3119	705	0,9276	745	0,9803
6	1,0220	46	1,1688	86	1,3156	706	0,9289	746	0,9816
7	1,0257	47	1,1725	87	1,3198	707	0,9303	747	0,9829
8	1,0294	48	1,1762	88	1,3230	708	0,9316	748	0,9842
9	1,0330	49	1,1798	89	1,3266	709	0,9329	749	0,9855
10	1,0367	50	1,1835	90	1,3303	710	0,9342	750	0,9868
11	1,0404	51	1,1872	91	1,3340	711	0,9355	751	0,9882
12	1,0440	52	1,1908	92	1,3376	712	0,9368	752	0,9895
13	1,0477	53	1,1945	93	1,3413	713	0,9382	753	0,9908
14	1,0514	54	1,1982	94	1,3550	714	0,9395	754	0,9921
15	1,0550	55	1,2018	95	1,3486	715	0,9408	755	0,9934
16	1,0587	56	1,2055	96	1,3523	716	0,9421	756	0,9947
17	1,0624	57	1,2092	97	1,3560	717	0,9434	757	0,9961
18	1,0661	58	1,2129	98	1,3597	718	0,9447	758	0,9974
19	1,0697	59	1,2165	99	1,3633	719	0,9461	759	0,9987
20	1,0734	60	1,2202	100	1,3670	720	0,9474	760	1,0000
21	1,0771	61	1,2239	101	1,3707	721	0,9487	761	1,0013
22	1,0807	62	1,2275	102	1,3743	722	0,9500	762	1,0026
23	1,0844	63	1,2312	103	1,3780	723	0,9513	763	1,0039
24	1,0881	64	1,2349	104	1,3817	724	0,9526	764	1,0053
25	1,0917	65	1,2385	105	1,3853	725	0,9539	765	1,0066
26	1,0954	66	1,2422	106	1,3890	726	0,9553	766	1,0079
27	1,0991	67	1,2459	107	1,3927	727	0,9566	767	1,0092
28	1,1028	68	1,2496	108	1,3964	728	0,9579	768	1,0105
29	1,1064	69	1,2532	109	1,4000	729	0,9592	769	1,0118
30	1,1101	70	1,2569	110	1,4037	730	0,9605	770	1,0132
31	1,1138	71	1,2606	111	1,4074	731	0,9618	771	1,0145
32	1,1174	72	1,2642	112	1,4110	732	0,9632	772	1,0158
33	1,1211	73	1,2679	113	1,4147	733	0,9645	773	1,0171
34	1,1248	74	1,2716	114	1,4184	734	0,9658	774	1,0184
35	1,1284	75	1,2752	115	1,4220	735	0,9671	775	1,0197
36	1,1321	76	1,2789	116	1,4257	736	0,9684	776	1,0211
37	1,1358	77	1,2826	117	1,4294	737	0,9697	777	1,0224
38	1,1395	78	1,2863	118	1,4331	738	0,9711	778	1,0237
39	1,1431	79	1,2899	119	1,4367	739	0,9724	779	1,0250
40	1,1468	80	1,2936	120	1,4404	740	0,9737	780	1,0263

15. Турли босимларда сувнинг қайнаш температураси

H — барометрик босим (мм сим. уст. ҳисобида).

	H (мм ҳисобида)											
	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790
0	96,92	7,32	7,71	8,11	8,49	8,88	9,26	9,63	100,00	0,37	0,73	1,09
1	6,96	7,36	7,75	8,14	8,53	8,91	9,29	9,67	0,04	0,40	0,76	1,12
2	7,00	7,40	7,79	8,18	8,57	8,95	9,33	9,70	0,07	0,44	0,80	1,16
3	7,04	7,44	7,83	8,22	8,61	8,99	9,37	9,74	0,11	0,48	0,84	1,19
4	7,08	7,4	7,87	8,26	8,65	9,03	9,41	9,78	0,15	0,51	0,87	1,23
5	7,12	7,52	7,91	8,30	8,69	9,07	9,44	9,82	0,18	0,55	0,91	1,26
6	7,16	7,56	7,95	8,34	8,72	9,10	9,48	9,85	0,22	0,58	0,94	1,30
7	7,20	7,60	7,99	8,38	8,76	9,14	9,52	9,89	0,26	0,62	0,98	1,33
8	7,24	7,63	8,03	8,42	8,80	9,18	9,56	9,93	0,29	0,66	1,02	1,37
9	7,28	7,67	8,07	8,45	8,84	9,22	9,59	9,96	0,33	0,69	1,05	1,41
10	7,32	7,71	8,11	8,49	8,88	9,26	9,63	0,00	0,73	0,37	1,09	1,44

16. Турли температураларда сувнинг

иссиқлик сифими

$t^{\circ}\text{C}$	c (кал/г)	$t^{\circ}\text{C}$	c (кал/г)
0	1,0091	55	82
5	50	60	88
10	20	65	94
15	1,0000	70	1,0001
20	0,9987	75	07
25	78	80	14
30	73	85	21
35	71	90	28
40	71	95	35
45	73	100	43
50	77		

17. Турли температураларда миснинг иссиқлик сифими

Температурада ($^{\circ}\text{C}$ ҳисобида)	0	100	200	300	400	500	600
Миснинг иссиқлик сифими $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot ^{\circ}\text{град}}$ ҳисо- бида)	0,0910	0,0940	0,0975	0,1008	0,1038	0,1070	0,1090

18. Турли температураларда туйниган сув бугининг босими ва zichлиги

Температура Цельсий буйича берилган; p босим симоб устуни миллиметрларида ифода қилинган; m —бугининг граммларда ифодаланган массаси.

$t^{\circ}\text{C}$	p	m	$t^{\circ}\text{C}$	p	m	$t^{\circ}\text{C}$	p	m
—30	0,28	0,33	0	4,58	4,84	30	31,82	30,3
—29	0,31	0,37	1	4,93	5,22	31	33,70	32,1
—28	0,35	0,41	2	5,29	5,60	32	35,66	33,9
—27	0,38	0,46	3	5,69	5,98	33	37,73	35,7
—26	0,43	0,51	4	6,10	6,40	34	39,90	37,6
—25	0,47	0,55	5	6,54	6,84	35	42,18	39,6
—24	0,52	0,60	6	7,01	7,3	36	44,56	41,8
—23	0,58	0,66	7	7,51	7,8	37	47,07	44,0
—22	0,64	0,73	8	8,05	8,3	38	49,69	46,3
—21	0,70	0,80	9	8,61	8,8	39	52,44	48,7
—20	0,77	0,88	10	9,21	9,4	40	55,32	51,2
—19	0,85	0,96	11	9,84	10,0	45	71,88	65,4
—18	0,94	1,05	12	10,52	10,7	50	92,5	83,0
—17	1,03	1,15	13	11,23	11,4	55	118,0	104,3
—16	1,13	1,27	14	11,99	12,1	60	149,4	130
—15	1,24	1,38	15	12,79	12,8	65	187,5	161
—14	1,36	1,51	16	13,63	13,6	70	233,7	198
—13	1,49	1,65	17	14,53	14,5	75	289,1	242
—12	1,63	1,80	18	15,48	15,4	80	355,1	293
—11	1,78	1,96	19	16,48	16,3	85	433,6	354
—10	1,95	2,14	20	17,54	17,3	90	525,8	424
—9	2,13	2,33	21	18,65	18,3	95	633,9	505
—8	2,32	2,54	22	19,83	19,4	100	760,0	598
—7	2,53	2,76	23	21,07	20,6			
—6	2,76	2,99	24	22,38	21,8			
—5	3,01	3,24	25	23,76	23,0			
—4	3,28	3,51	26	25,21	24,4			
—3	3,57	3,81	27	26,74	25,8			
—2	3,88	4,13	28	28,35	27,2			
—1	4,22	4,47	29	30,04	28,7			

19. Ҳавонинг нисбий намлигининг психрометрик жад вали

Куруқ ва ҳуҗ термометрларнинг курсатишларидаги фарқ (°C ҳисобида)	Куруқ ва ҳуҗ термометрларнинг курсатишларидаги фарқ (°C ҳисобида)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	81	63	45	28	11					
2	100	84	68	51	35	20					
4	100	85	70	56	42	28	14				
6	100	86	73	60	47	35	23	10			
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7		
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4	
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	50	45	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

20. 0° дан 80°C гача температурада сувнинг сирт таранглик
коэффициенти

Температура (°C ҳисобида)	$\frac{\partial n}{\partial m}$ ҳисобида сирт таранглик	Температура (°C ҳисобида)	$\frac{\partial n}{\partial m}$ ҳисобида сирт таранглик
0	75,49	45	68,6
5	74,75	50	67,8
10	74,01	55	66,9
15	73,26	60	66,0
20	72,53	65	65,1
25	71,78	70	64,2
30	71,03	75	63,3
35	70,29	80	62,3
40	69,54		

21. Турли температураларда суунинг ички ишқалиш
коэффициенти
СГС (см—¹. 2° сек—¹ ҳисобида)

°C	10 ⁴ [η]	+ 1° га	°C	10 ⁴ [η]	+ 1° га	°C	10 ⁴ [η]	+ 1° га	°C	10 ⁴ [η]	+ 1° га
0	1797	—56	19	1029	—25	30	803	—15	100	284	—2,8
5	1518	—42	20	1004	—24	40	655	—10	110	256	—2,4
10	1307	—33	21	980	—23	50	551	—8,1	120	232	—2,0
15	1140	—30	22	957	—21	60	470	—6,3	130	212	—1,6
16	1110	—28	23	936	—21	70	407	—5,0	140	196	—1,2
17	1082	—27	24	915	—20	80	357	—4,0	150	184	—1,0
18	1055	—26	25	895	—18	90	317	—3,3	160	174	
19	1029		30	803		100	284				

22. Денгиз сатҳи баландлигидаги турли географик кенгликларда оғир-
лик кучи тезланиши g нинг қийматлари

Кенглик, градус ҳисобида	g	Кенглик, градус ҳисобида	g	Кенглик, градус ҳисобида	g
0	978,030	35	979,730	70	982,606
5	978,069	40	980,166	75	982,886
10	978,186	45	980,616	80	983,058
15	978,376	50	981,066	85	983,176
20	978,634	55	981,503	90	983,216
25	978,952	60	981,914	Москва	981,523
30	979,321	65	982,285	Ленинград	981,908

23. Каттик жиемлернинг эластиклик хоссалари

Жаъвалда куйидагилар берилган: 1) $\frac{\kappa\Gamma}{m\kappa^6}$ да ифодаланган эластиклик модули E ; 2) $\frac{\kappa\Gamma}{m\kappa^6}$ да ифодаланган силжиш модули N .

3) Пуассон коэффициент σ , 4) $\frac{f}{R}$ — нфодаланган эластиклик чегараси R_e ; 5) R — $\frac{f}{R}$ да нфодаланган мустаҳкамлик

чегараси ва б) 18° да товуш тезлиги $\frac{v}{v_0}$ Вискоз ташқари, эластиклик модули E ва силжиш модули M ларнинг 0° билан 100° орасида температура 1° га ортганда ўзгаришлари ΔE ва ΔM берилган.

	ϵ	γ	δ	ΔN	σ	M_p	M	ν
Алюминий	6300—7500	—20	2300—2700	—21	0,33	5	10—40	5000
Бронза	10600	—	4600	—	0,31	10	18—80	—
Ефоч	400—1800	—	—	—	—	—	3—22	3—4000
Темір (болғаланған)	20000—22000	—2	7000—8500	—2 дан —5 гача	0,28	20	40—60	—
Пулат	20000—22000	—	8000—8300	—2 дан —5 гача	0,28	20—150	50—160	5100
Пулат тор	—	—	—	—	—	—	250 гача	—
Инвар	14000	—	5600	—	—	50	78	—
Чуян (кул ранг)	7500—13000	—	5000	—	0,23—0,27	6	12—13	—
« (ок)	18000	—	—	—	—	—	—	—
Олтин	7000—9500	—3	2600—3900	—3	0,41	—	11	2100
Кварц (сулоқ)	6000	—	—	—	—	—	12—66	—
Константан	16600	—	6200	—	0,33	30	32	4300
Жез	8000—10000	—4	2700—3700	—5	0,3—0,4	13 гача	10—50	3200
Магналий	7000	—	—	—	—	6	20	—
Манганин	12600	—	4700	—	0,33	—	—	3900
Мис	10000—13000	—2 дан —4 гача	3900—4800	—4 дан —6 гача	0,34	0,5—20	16—45	3600
Нейзильбер	11000	—	4000	—4	0,37	—	—	3600
Никель	20000—22000	—2	7800	—3	0,30	9	50	4900
Калайи	4000—5500	—	1700	—	0,33	—	1,7—2,5	2600
Платина	16000—17500	—1 дан —2 гача	6000—7240	—2	0,38	—	23—34	2800
Кургошин	1500—1700	—	550	—80	0,43	—	2	1300
Кумуш	7000—8000	—4	2500—2900	—7 дан —8 гача	0,37	15	29	2700
Шиша	5000—8000	—4 гача	1800—3000	—	0,2—0,3	—	3—9	5000—6000
Тантал	19000	—	—	—	—	—	93	3400
Рух	8000—13000	—	4000	—10	0,2—0,3	—	13—20	3700

ХЗМБНПН МОНГОЛ

[illegible]

40. Парни, амыт ва к а р о н и к м а к а н т а д и .
 41. Пилан п а н и н б а р н р о з а м о б и м р а з и д и .
 42. Күс и к т а н м а р н ы ы м а н т а н т а ы ш ы ы х у ы м а л а с о р е т т и .
 43. И у а н ы ы д а о р а с и д и и а с о р а ы ы м а н т а ы а й т т а с и н ы ш ы к к

25. Баъзи ўтказгичларнинг солиштирма қаршиликлари (18°C да)

Ўтказгичлар	ρ (ом · см да)	ρ (ом · м да)
Кумуш	$16,0 \cdot 10^{-8}$	$1,60 \cdot 10^{-6}$
Мис	$1,71 \cdot 10^{-8}$	$1,70 \cdot 10^{-8}$
Олтин	$2,30 \cdot 10^{-8}$	$2,30 \cdot 10^{-8}$
Алюминий	$2,90 \cdot 10^{-8}$	$2,90 \cdot 10^{-8}$
Ириди	$5,30 \cdot 10^{-8}$	$5,30 \cdot 10^{-8}$
Вольфрам	$5,60 \cdot 10^{-8}$	$5,60 \cdot 10^{-8}$
Рух	$6,00 \cdot 10^{-8}$	$6,00 \cdot 10^{-8}$
Никель	$7,00 \cdot 10^{-8}$	$7,00 \cdot 10^{-8}$
Жез	$8,00 \cdot 10^{-8}$	$8,00 \cdot 10^{-8}$
Темир	$8,60 \cdot 10^{-8}$	$8,60 \cdot 10^{-8}$
Кобальт	$9,00 \cdot 10^{-8}$	$9,00 \cdot 10^{-8}$
Платина	$1,07 \cdot 10^{-7}$	$1,07 \cdot 10^{-7}$
Қалайн	$1,13 \cdot 10^{-7}$	$1,13 \cdot 10^{-7}$
Қурғошин	$2,10 \cdot 10^{-7}$	$2,10 \cdot 10^{-7}$
Константан	$5,00 \cdot 10^{-7}$	$5,00 \cdot 10^{-7}$
Симоб	$9,58 \cdot 10^{-6}$	$9,58 \cdot 10^{-7}$
Никелли	$4,20 \cdot 10^{-6}$	$4,20 \cdot 10^{-7}$
Нихром	$11,00 \cdot 10^{-6}$	$11,00 \cdot 10^{-7}$

26. Баъзи изоляторларнинг солиштирма қаршилиги

Изолятор	ρ (ом · см да)	ρ (ом · м да)
Шифер	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^8$
Фибра	$5 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^7$
Мармар	$1 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^8$
Целлулоид	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^8$
Шиша	$5 \cdot 10^{12}$	$5 \cdot 10^{11}$
Қварц II	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{12}$
Миканит	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{13}$
Шеллак	$1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^{14}$
Қварц I	$3 \cdot 10^{16}$	$3 \cdot 10^{14}$
Олтинсугурт	$1 \cdot 10^{17}$	$1 \cdot 10^{16}$
Эбонит	$1 \cdot 10^{17}$	$1 \cdot 10^{16}$
Парафин	$3 \cdot 10^{18}$	$3 \cdot 10^{16}$

27. Эритмаларнинг солиштира қаршилиги
(18° да ом·м ларда)

Сувсиз туз- лар ёки кис- лоталарнинг эритма тарки- бидagi проценти	NaCl	Na ₂ SO ₄	CaCl ₂	MgSO ₄	NaOH	Na ₂ CO ₃	CaO
5%	0,109	0,149	0,524	0,529	0,058	0,051	0,048
10%	0,056	0,083	0,312	0,313	0,032	0,032	0,026
15%	0,039	0,061	0,241	0,238	0,024	0,029	0,018
20%	0,030	0,051	0,213		0,020	0,030	0,015
25%	0,025	0,047	0,208		0,019	0,037	0,014
30%			0,227		0,018	0,048	0,0135
35%					0,020	0,064	0,014
40%					0,022	0,083	0,015

28. Баъзи утказгичлар қаршилигининг
температура коэффициенти (град⁻¹)

Утказгичлар	α	Утказгичлар	α
Алюминий	0,004	Платина	0,004
Вольфрам	0,005	Синиоб	0,0003
Константан	0,00002	Қўрғошин	0,004
Жез	0,002	Кумуш	0,004
Манганин	0,000006	Пўлат	0,006
Мис	0,004	Рух	0,004
Никелля	0,0003		
Нихром	0,00015— 0,0004		

29. Баъзи жисмларнинг
диэлектрик кўригувчанлиги

Жисм	ε
Сув	81
Ҳазо	1,0006
Керосин	2,1
Парафин	2,1
Плексиглас	3,3
Слюда	6,0
Шиша	7,0
Эболит	2,7
Кахрабо	2,8
Барий титанат	1220

**30. Баъзи моддаларнинг электрохимиявий
эквивалентлари**

Моддалар	мг	СИ системада
	к	
Алюминий	0,093	$0,093 \cdot 10^{-3}$
Водород	0,01045	$0,01045 \cdot 10^{-3}$
Темир	0,289	$0,289 \cdot 10^{-3}$
Олтин	0,68	$0,68 \cdot 10^{-3}$
Кислород	0,0829	$0,0829 \cdot 10^{-3}$
Мис	0,33	$0,33 \cdot 10^{-3}$
Натрий	0,238	$0,238 \cdot 10^{-3}$
Никель	0,30	$0,30 \cdot 10^{-3}$
Қўроғош	1,074	$1,074 \cdot 10^{-3}$
Кумуш	1,118	$1,118 \cdot 10^{-3}$
Хлор	0,367	$0,367 \cdot 10^{-3}$
Рух	3,34	$3,34 \cdot 10^{-3}$

**31. Баъзи спектрал чизиқларнинг тулқин узунлилари
 $\text{\AA}$ (10^{-8} см)**

Элемент	λ	Элемент	λ	Элемент	λ
Ba	4554	H	3970	Zn	4603
	4934		4102		6104
	5535		4340		6708
	5778		4861		
	5972		6563	Na	5890
	6142				5896
Ca	6496	He	3889	Sr	4607
	4455		4026		6386
	4878		4471		6408
	5270		4713		
	5349		4922		
	5590		5016		
	5867		5876		
	6122		6678		
	6162		7065		
	6439				
Cu	4023	K	4045		
	4063		6911		
	4275		6939		
	4378		7665		
	4587		7699		
	5153				
	5218				
	5700				
	5782				

32. Баъзи суяқ жисмларнинг синдириш кўрсаткичлари

Суяқ жисмлар	Формуласи	t, °C	n _D
Ацетон	CH_3COCH_3	20	1,359
Анилин	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	20	1,586
Бензол	C_6H_6	20	1,501
Сув	H_2O	20	1,333
Иодли метилен	CH_2I_2	19	1,742
Канада бальзами			1,53
Ксилол	$\text{C}_8\text{H}_8(\text{CH}_3)_2$	15,7	1,50
Метил спирти	CH_3OH	18	1,330
Нитробензол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	20	1,553
Сульфат кислота	H_2SO_4	23	1,429
Углерод сульфид	CS_2	15,7	1,631
Хлорид кислота	HCl	10,5	1,254
Углерод (IV)-хлорид	CCl_4	20	1,460
Этил спирти	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	17,5	1,362
α - монобромнафталин	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{Br}$	20	1,6582

33. Баъзи қаттиқ жисмларнинг ҳавога нисбатан 18°C даги синдириш кўрсаткичлари

Тўлкин узунлиги		A 0,760	B 0,687	C(H) 0,6563	D(Na) 0,5893	E 0,5270	F(H) 0,4861	G(H) 0,4341	H 0,4308	I 0,3968
Кронглас	енгил	1,5099	1,5118	1,5127	1,5153	1,5186	1,5214	1,5264	0,5267	1,5312
	оғир	1,6097	1,6117	1,6126	1,6152	1,6185	1,6213	1,6262	1,6265	1,6308
Флинтглас	енгил	1,5986	1,6020	1,6038	1,6085	1,6545	3,6200	1,6302	1,6308	1,6404
	оғир	1,7351	1,7406	1,7404	1,7515	1,7623	1,7723	1,7910	1,7922	1,8110
Оҳак шпати	оддий	1,6500	1,6530	1,6545	1,6585	1,6685	1,6679	1,6755	1,6762	1,6833
	оддий булмаган	1,4827	1,4840	1,4845	1,4864	1,4887	1,4908	1,4943	1,4946	1,4978
Кварц	оддий	1,5391	1,5409	1,5418	1,5442	1,5471	1,5496	1,5539	1,5543	1,5581
	оддий булмаган	1,5481	1,5500	1,5509	1,5533	1,5563	1,5589	1,5634	1,5637	1,5677
18°C да кварида айланиш		12,7°	15,7°	17,3°	21,71°	27,5°	32,7°	42,0°	42,6°	51,2°

34. 0 мин (0-0) га бўлиб, минг лар

0-0	0-0		0-0	0-0		0-0	0-0	
	0-0	0-0		0-0	0-0		0-0	0-0
0,00001	0,03	1,72	0,00008	12	6,38	0,00014	21	12,03
0,00002	04	2,29	0,00016	13	7,45	0,00036	22	12,61
0,00004	05	2,86	0,00022	14	8,02	0,00114	23	13,18
0,00007	06	3,44	0,00114	15	8,59	0,00472	24	13,75
0,00011	07	4,01	0,00120	16	9,17	0,00734	25	14,31
0,00017	08	4,58	0,00166	17	9,74	0,00702	26	14,88
0,00024	09	5,16	0,00177	18	10,31	0,00676	27	15,41
0,00033	10	5,73	0,00222	19	10,89	0,00755	28	15,94
0,00045	11	6,30	0,00271	20	11,46	0,00841	29	16,46
0,00934	30	17,19	0,03545	46	24,36	0,03931	35,12	
0,01033	31	17,76	0,03797	47	25,00	0,03911	36,10	
0,01139	32	18,33	0,04061	48	25,64	0,04451	36,6°	
0,01252	33	18,91	0,04339	49	26,27	0,04720	37,2°	
0,01500	34	19,48	0,04680	50	26,89	0,04740	37,82	
0,01640	35	20,05	0,04931	51	27,52	0,04225	38,39	
0,01786	36	20,63	0,05256	52	28,10	0,04266	38,93	
0,01941	37	21,20	0,05592	53	28,67	0,04534	39,53	
0,02105	38	21,77	0,05943	54	29,24	0,04229	40,11	
0,02279	39	22,35	0,06311	55	29,81	0,04553	40,68	
0,02463	40	22,92	0,06695	56	30,39	0,04707	41,25	
0,02657	41	23,49	0,07087	57	30,96	0,04492	41,82	
0,02862	42	24,06	0,07517	58	31,53	0,04702	42,40	
0,03078	43	24,64	0,07914	59	32,10	0,04460	42,97	
0,03306	44	25,21	0,08408	60	32,68	0,04896	43,50	
	45	25,78	0,08892	61	33,25	0,04963	44,12	

35. Универсал физик константалар

1	Гравитацион доимий	$6,67 \cdot 10^{-8} \text{ э}^{-1} \text{ см}^2 \cdot \text{сек}^{-2}$
2	Денгиз сатҳидаги 45° кенгликда оғирлик кучининг тезланиши	$980,616 \text{ см} \cdot \text{сек}^{-2}$
3	1 килограмметр	$0,980616 \cdot 10^6 \text{ э}$
4	Нормал атмосфера	$1,033254 \text{ кг} \cdot \text{см}^{-2}$
5	Нормал шаронгда идеал газ грамм-молекуласининг ҳажми	$22,4146 \text{ л}$
6	Грам-молекула учун газ доимийси	$8,31436 \cdot 10^7 \text{ э} \cdot \text{град}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
7	15°C да 1 калорияга эквивалент энергия	$4,185 \text{ ж} \cdot \text{кал}^{-1}$
8	Фарадей доимийси	$96501_{\pm} \pm 10 \text{ к} \cdot \text{э} \cdot \text{ж} \cdot \text{м}^{-1}$
9	Авогадро сони	$(6,0228_{\pm} + 0,0011) \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
10	Больцман доимийси	$(1,38047 + 0,00026) \cdot 10^{-10} \text{ э} \cdot \text{град}^{-1}$
11	Водород (H^1) атоми массаси	$(1,67339_{\pm} + 0,00031) \cdot 10^{-24} \text{ э}$
12	Протон массаси	$(1,67248_{\pm} + 0,00031) \cdot 10^{-24} \text{ э}$
13	Электрон массаси	$(9,1066_0 + 0,0032) \cdot 10^{-28} \text{ э}$
14	Электрон заряди	$(4,8025_1 + 0,0010) \cdot 10^{-10} \text{ CGSE}$ $(1,60203_{\pm} + 0,00034) \cdot 10^{-20} \text{ CGSM}$
15	Электроннинг солиштирма заряди $\frac{e}{h}$	$(1,7592 + 0,0005) \cdot 10^7 \text{ CGSM} \cdot \text{э}^{-1}$
16	Ёруғлик тезлиги (бушлиқда)	$(2,99776 + 0,00004) \cdot 10^{10} \text{ см} \cdot \text{сек}^{-1}$
17	Квант доимийси h	$6,55 \cdot 10^{-27} \text{ э} \cdot \text{сек}$

Фойдаланилган адабиёт

1. М. Муминов, Х. Ҳайдаров, Физикадан лаборатория ишлари учун қўлланма, СамДУ нашриёти, 1948.
 2. А. П. Соколов, Физический практикум, М., 1938.
 3. А. Н. Зильберман и др., Лабораторные работы по физике, Учпедгиз, М., 1938.
 4. Н. В. Кашин, Лабораторный курс физики, М.—Л., 1934.
 5. Руководство к практическим занятиям по физике под ред. проф. Б. И. Котова, М., 1948.
 6. Физический практикум под ред. проф. В. И. Ивероновой, М., 1951.
 7. С. М. Райский и В. Ф. Смирнов, Физические основы метода радиоактивных индикаторов, М., 1956.
-

М У Н Д А Р И Ж А

Иккинчи нashрига берилган сўз бошидан	3
Биринчи	3

I б о б. Физикадан тажриба утказганда чиқадиган хатолар туғрисида

1-§. Муқаддима	5
2-§. Улчов бирликлари	9
3-§. Улчамлик	12
4-§. Улчашда чиқадиган хатоларнинг манбалари	16
5-§. Абсолют ва нисбий хатоларни ҳисоблаш	22
6-§. Бир физик формулалар учун нисбий хатоларни ҳисоблаш	27
7-§. Тажриба натижасини график билан тасвирлаш	32
8-§. Таъкидланган баъзи маслаҳатлар	36

II б о б. Механика ва молекуляр физика

1-ш. Узунлиқни ўлчайдиган асосий асбоблар билан таъкидлаш	38
2-ш. Сферометр ёрдамида пластинканинг қалинлигини ва линзанинг эгрилик радиусини аниқлаш	43
3-ш. Аналитик тарозида тортиш	46
4-ш. Жисмнинг тортиш тушишини Атвуд машинаси ёрдамида текшириш	51
5-ш. Секундлик маятникнинг узунлигини белгилаш	54
6-ш. Ер тортиш кучининг таълиқини маятник ёрдами билан аниқлаш	54
7-ш. Каттик жисмлар айланма ҳаракати динамикасининг асосий қонунларини тажрибада текшириш	56
8-ш. Жисмнинг инерция моментини трифилар осма воситасида аниқлаш	58
9-ш. Эгиллиш деформацияси ёрдами билан Юнг модулини белгилаш	61
10-ш. Суоқликларнинг солиштирма оғирлигини туташ идишлар ёрдамида аниқлаш	64
11-ш. Суоқликларнинг солиштирма оғирлигини пикнометр билан аниқлаш	67
12-ш. Суоқликларнинг солиштирма оғирлигини Вестфаль тарозиси ёрдами билан аниқлаш	68
13-ш. Каттик жисмларнинг солиштирма оғирлигини гидростатик тортиш усули билан аниқлаш	71
14-ш. Суоқликнинг қовушоқлик коэффициентини Стокс усули билан аниқлаш	72
15-ш. Суоқликнинг ички ишқаланиш коэффициентини Пуазейль методи билан ўлчаш	74
16-ш. Тебранишлар сунтишининг логарифмик декрементини аниқлаш	77
17-ш. Камертоннинг тебраниш частотасини турғун тулқинларнинг узунлигини ва тарқалиш тезлигини ўлчаш йули билан аниқлаш	78
18-ш. Товушнинг каттик жисмларда тарқалиш тезлигини аниқлаш	80
19-ш. Товушнинг ҳавода тарқалиш тезлигини резонанс усули билан аниқлаш	82
20-ш. Газ массасининг ҳажми ва босими ўзгаришини ўзгармас температурада текшириш	84
21-ш. Газ хоссаларини тажрибада текшириш	86

22-иш.	Босимнинг термик коэффициентини газ термометри билан аниқлаш . . .	91
23-иш.	Газларнинг солиштирма иссиқлик сифмлари нисбатини аниқлаш . . .	93
24-иш.	Сувоқликнинг капиллярлик донийсини аниқлаш	95
25-иш.	Сирт тараңглик коэффициентини сувоқлик юзидан ҳалқани узин олиш йули билан аниқлаш	97
26-иш.	Сувоқликнинг сирт тараңглик коэффициентини томчи усули билан аниқлаш	99
27-иш.	Сувоқликнинг сирт тараңглик коэффициентини Ребиндер усули билан аниқлаш	100
28-иш.	Қаттиқ жисмларнинг чизиқли кенгайиш коэффициентини аниқлаш . . .	102
29-иш.	Қаттиқ жисмларнинг чизиқли кенгайиш коэффициентини Соколовский усули билан аниқлаш	104
30-иш.	Аралаштириш йули билан қаттиқ жисмларнинг иссиқлик сифмларини аниқлаш	105
31-иш.	Сувоқликнинг солиштирма иссиқлик сифминини электр калориметр ёрдами билан топиш	107
32-иш.	Сувнинг солиштирма буғ ҳосил бўлиш иссиқлигини аниқлаш	109
33-иш.	Ҳавонинг нисбий намлигини Август психрометри билан аниқлаш . . .	111
34-иш.	Ҳаво намлигини гигрометр билан аниқлаш	113
35-иш.	Иссиқликнинг механик эквивалентини аниқлаш	115

III боб. Электр. Электр ўлчов асбобларининг классификацияси ва баъзи асбобларнинг ишлаш принципи

1.	Магнитоэлектр ҳодисасига асосланиб ясалган электр ўлчов асбоблари . .	119
2.	Электромангнит ҳодисасига асосланиб ясалган электр ўлчов асбоблари . .	120
3.	Электродинамик принципга асосланиб ясалган электр ўлчов асбоблари . .	121
4.	Токнинг иссиқлик чиқаришига асосланиб ясалган электр ўлчов асбоблари . .	122
5.	Термоэлектр ҳодисасига асосланиб ясалган электр ўлчов асбоблари . . .	123
6.	Электростатик системадаги электр ўлчов асбоблари	124
7.	Электрометрлар	125
8.	Трансформаторлар	126
9.	Конденсаторлар	128
10.	Ўзиндукция ғалтаклари	130
11.	Шунт	130
12.	Тўғрилагичлар	131
36-иш.	Электростатик майдонни текшириш	131
37-иш.	Амперметрни даражалаш	133
38-иш.	Вольтметрни даражалаш	135
39-иш.	Ўзгармас ток куприги ёрдамида ўтказгичларнинг қаршилигини ўлчаш . .	137
40-иш.	Металлар қаршилигининг температура коэффициентини аниқлаш . . .	139
41-иш.	Гальванометрнинг қаршилигини аниқлаш	140
42-иш.	Элементнинг ички қаршилигини аниқлаш	142
43-иш.	Кўш куприк ёрдамида кичик қаршиликларни ўлчаш	145
44-иш.	Электродитларнинг солиштирма қаршилигини аниқлаш	147
45-иш.	Элементларнинг электр юритувчи кучини компенсация усули билан аниқлаш	148
46-иш.	Аккумулятор батареяларининг фойдали иш коэффициенти ва фойдали қувватнинг ток кучига боғланишини аниқлаш	150
47-иш.	Термоэлементни ўрғаниш	152
48-иш.	Электрон лампаларни ўрғаниш	159
49-иш.	Миснинг электрохимиявий эквивалентини аниқлаш	155
50-иш.	Куприк схемаси ёрдамида ғалтакнинг ўзиндукция коэффициентини ўлчаш	167
51-иш.	Ғалтакнинг ўзиндукция коэффициентини Ом қонуни ёрдамида аниқлаш	170

12- иш.	Таъғежбуссол доимийлигини ва магнит майдонни кучланганлигининг горизонтал ташкил этиувчисини аниқлаш	172
13- иш.	Трансформаторнинг трансформациялаш коэффициентини аниқлаш	175
14- иш.	Ферромагнит металлларнинг Кюри нуқтасини аниқлаш	178
15- иш.	Катод осциллографни билан ишлаш	182
16- иш.	Кенотрон туғрилагични урганиш	190
17- иш.	Ўзиндукция коэффициентини ва сифинини ўлчаш. Ўзгарувчан ток учун Ом қонунини текшириш	201
58- иш.	Электромагнит тебранишлар ҳосил қиладиган лампали энг содда генераторнинг ишлаши билан танишиш ва турли асликли контурлардаги мажбурий тебранишларни текшириш	203
59- иш.	Тебраниш контуридаги резонанс ҳодисасини ва мажбурий тебранишларни ўрганиш	214
60- иш.	Неон лампали генераторни урганиш	219
61- иш.	Неон лампали схемада релаксацион тебранишларни урганиш	224
62- иш.	Иккита параллел ўтказгичда турғун электромагнит тулқинларини текшириш	232
63- иш.	Ярим ўтказгичларни ўрганиш	237

IV боб. Оптика

64- иш.	Фотометр ёрдамида чуғланма лампанинг ёруғлик кучини аниқлаш ва ёруғлик майдонини ўрганиш	244
65- иш.	Электр лампочкаларининг сояштирама қувватини аниқлаш	247
66- иш.	Кавариқ ва ботиқ линзаларнинг фокус оралигини аниқлаш	249
67- иш.	Шшшнинг синдириш қурساتкичини микроскоп билан аниқлаш	255
68- иш.	ИРФ-22 рефрактометри ёрдамида суюқликларнинг синдириш қурساتкичини ва уртача дисперсиясини аниқлаш	257
69- иш.	Бипризма воситасида ёруғлиkning тулқин узунлигини аниқлаш	263
70- иш.	Ньютон ҳалқалари воситасида линзанинг эгрилик радиусини аниқлаш	265
71- иш.	Ёруғлик интерференциясини урганиш	269
72- иш.	Дифракцион панжара ёрдамида ёруғлиkning тулқин узунлигини топиш	272
73- иш.	Спектрал анализ асослари билан танишиш	275
74- иш.	Ёруғлиkning қутбланиш ҳодисасини урганиш	278

V боб. Атом тузилишига доир баъзи ишлар

75- иш.	Зарядланган зарралар сётчиги	281
76- иш.	Сётчикнинг γ -нуурларни қайд қилиш эффективлигини аниқлаш	291
77- иш.	SO^{80} изотопидан чиқадиган γ -нуурларнинг алюминийда, темирда ва қурғоқшинда ютилиш коэффициентини аниқлаш	296
78- иш.	α -заррачаларнинг энергиясини аниқлаш	298
79- иш.	Тула ютилиш методи билан β -нуурлар спектрининг юқори чегарасини аниқлаш	301
	Жадваллар	305

На узбекском языке

МУСА МУМИНОВ

ХАМЗА ХАЙДАРОВ

**РУКОВОДСТВО
К ЛАБОРАТОРНЫМ
РАБОТАМ ПО ФИЗИКЕ**

Учебное пособие для студентов
нефизических факультетов
университетов и пединститутов

(Второе дополненное и
переработанное издание)

*Издательство «Ўқитувчи»
Ташкент—1971*

Редактор Р. Саидалиев
Бадний редактор П. А. Бродский
Техредактор М. Алимов
Корректор С. Гулова

Теринга берилди 7/IV-71 й. Босишга рухсат
этилди. 1971 й. Қоғози 60х90¹/₁₆. Физик
л. 21. Нашр.л. 19,4. Тиражи 7000. Р 12308.

«Экитувчи» наприётти. Тошкент, Назойи
часи, 30. Шартнома 31-71. Баҳоси 54 т.
Муқоваси 10 т.

УССР Министрлар Совети Матбуот Давлат
комитетининг Тошкент полиграфкомбинатида
теришиб, Янгийдаги 2-босмахонасида босилди.
Янгийул ш. Чехов кучаси, 3. 1971 й. Зак. №

Набрано на Ташкентском полиграфкомбинате
Государственного комитета Совета Министров
по печати, отпечатано в типографии
№ 2, е. Янчи-Юль, ул. Чекова, 3.