

Н. Д. БИТЬКО

ФИЗИКА

3- ва 4- ҚИСМЛАР

ЭЛЕКТР,
ОПТИКА ВА
АТОМ ТУЗИЛИШИ

*ТУЗАТИЛГАН ВА ТЎЛДИРИЛГАН
РУСЧА ТЎРТИНЧИ НАШРИДАН ТАРЖИМА*

*Олий ва махсус
ўрта таълим министрлиги
сиртқи махсус ўрта ўқув
юртлари ўчун ўқув қўланмаси
сифатида тасдиқ этган*

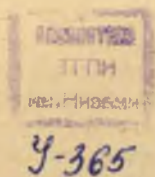
«ЎҚИТУВЧИ» НАШРИЁТИ
Тошкент — 1974

Битько Н. Д.

Физика. 3-ва 4-қисмлар. Электр. Оптика ва атом тузилиши.
Тузатилган ва тўлдирилган русча 4- нашридан таржима.

Техникумлар учун ўқув қўлланма. Т. «Ўқитувчи», 1974.

Физика курсининг учинчи ва тўртинчи қисмларидан иборат бўлган бу ўқув қўлланмасида электр, оптика ва атом тузилиши назарияси масалалари сиртқи махсус ўрта ўқув юрглари программасига мувофиқ баён қилинган, шунингдек, курсни ўзлаштиришга ёрдам берадиган масалалар ва уларнинг ечимлари берилган. Програмада кўзда тутилган лаборатория ишларининг тавсифи келтирилган. Ўз-ўзини текшириш учун савол ва масалалардан иборат машқлар бор. Барча масалаларнинг жавоблари, ечилиши, қийинроқ масалаларга оид курсатмалар берилган. Барча катталиклар Халқаро сўстема (СИ) да берилган. Ушбу қўлланма ўз маълумотини мустақил равишда оширишни истаган кишилар учун ҳам фойдали бўла олади.



СЎЗ БОШИ

Бу томга физика курсининг икки қисми: учинчи қисм — «Электр» ва тўртинчи қисм — «Оптика ва атом тузилиши» кирган. Физиканинг бу бўлимларининг фақат назарий эмас, амалий аҳамияти ҳам жуда катта. Ҳақиқатан ҳам, турмушимизни электр чироқларисиз, электр токи билан юрадиган транспортсиз ва шу кабиларсиз тасаввур қила олмаймиз. Микроскоплар, турли спектрал асбоблар, оптик асбоблар, фотоэлементлар, фотореле сингари асбоблар илмий ва завод лабораторияларида, илмий текшириш институтлари ва саноатда кенг қўлланилади. Ватанимиз энергетикаси тараққиётида атом энергияси тобора катта аҳамият касб этиб бормоқда.

Бу қўлланма сиртқи техникумлар ва ўз маълумотини мустақил равишда ошираётган кишилар учун мўлжалланган, шунингдек ишлаб чиқаришдан ажралмаган ҳолда кечки техникумларда таҳсил кураётган ўқувчилар учун ҳам фойдалидир.

Қўлланма Олий ва махсус ўрта таълим министрлигининг махсус ўрта таълим ўқув юртлари буйича ўқув-методика бошқармаси тасдиқлаган ва ҳозир амалда бўлган физика программасига мувофиқ тузилган.

Қўлланмада ўқувчиларнинг билимларини кенгайтирувчи ва физиканинг техника билан алоқасини кўрсатувчи етарлича мисоллар келтирилган; физика курсининг мазмунини яхшироқ тушуниш ва билимларни мустаҳкамлаш учун кўп масалалар ечиб кўрсатилган. Шу мақсадда ўз-ўзини текшириш учун савол ва масалалар киритилган. Барча масалаларга жавоблар, энг қийинлари учун эса ечилишга доир кўрсатмалар берилган. Биринчи томдаги сингари, масалаларнинг

қўпчилиги бирликларнинг Халқаро системаси (СИ) да ечилган; барча катталикларнинг улчов бирликлари Давлат стандартининг «Физик катталиклар бирликлари» лойиҳасига мувофиқлаштирилган.

Қўлланмада техникумлардаги физика кабинетларининг типик жиҳозларига мувофиқ келадиган лаборатория ишларининг тавсифи ҳам берилган.

ЭЛЕКТР

I БОБ

ЭЛЕКТР МАЙДОНИ

1-§.

Кириш

кишиларининг тўхтовсиз ўсиб бораётган моддий ва маданий эҳтиёжларини тўла қондириш учун социалистик ишлаб чиқаришни доимий равишда ўстириб ва мукаммаллаштириб бориш зарур.

Халқ хўжалигининг барча соҳаларида ишлаб чиқаришнинг замонавий техника асосида узлуксиз ўсиб бориши электрлаштириш тараққиёти билан чамбарчас боғлангандир.

В. И. Ленин ватанимизни электрлаштириш масаласига жуда катта эътибор берган эди. «Мамлакат электрлашган вақтдагина, саноат, қишлоқ хўжалиги ва транспорт ҳозирги замон йирик саноатининг техника базасига қурилгандагина, — фақат шундагина биз узил-кесил енгиб чиқамиз» (В. И. Ленин, Асарлар, 31-т., 549-бет, Ўздавнашр, 1953).

Электр энергиясининг муҳим хоссаси унинг универсаллигидир, уни энергиянинг исталган бошқа турларига (механик энергия, нурий энергия ва ҳоказо) айлантириш мумкин ва, аксинча. Масалан, баланддан тушаётган сувнинг кинетик энергисини электр энергияга айлантириш мумкин, бунинг учун сув турбинасига электр генераторини улаш керак, гид роэлектр станцияларининг ишлаши худди шунга асосланган.

дир. Буғ турбинасини электр генераторига улаб ёнилғининг (тошқумир, нефть, торф, сланец) ёнишида ажралиб чиққан иссиқликни электр энергиясига айлантириш мумкин, иссиқлик ва атом электр станцияларининг ишлashi ана шунга асосланган.

Электр энергиясини электр двигателлари ёрдамида механик энергияга осонгина айлантириш мумкин. Электр двигателлари транспортда (трамвай, троллейбус, электровоз), саноатда (станок ва турли қурилмаларнинг юритмалари), қишлоқ хўжалигида (электр трактори, навларга ажратувчи машина ва сут соғиш аппаратларининг электр юритмалари ва ҳоказо) кенг қўлланилади. Электр энергиясини иссиқликка (кесиш инструменти тобланадиган электр печи, металлни пайвандлаш ва кезишда қўлланиладиган электр ёйи ва ҳоказо), шунингдек, нур энергиясига (чўғланиш лампаси, кундузги ёруглик лампаси, ёй лампаси ва ҳоказо), товуш энергиясига (телефон, овозли кинонинг карнайи, радиоприёмник карнайи ва ҳоказо), химиявий энергияга (металл буюмларни бошқа металлнинг юпқа қатлами билан электролитик усулда қоплаш, химиявий тоза металллар, масалан, мис, қалайи ва шунга ўхшашларни электролитик усулда олиш, аккумуляторларни зарядлаш ва ҳоказо) осон айлантириш мумкин. Электр энергиясини бошқа тур энергияларга айлантирувчи асбоблар фойдали иш коэффициентининг юқори бўлиши электр энергиясидан саноат, транспорт, қишлоқ хўжалиги ва турмушда тежамли фойдаланишга имкон беради.

Ишлаб чиқаришда автоматик электр асбобларининг қўлланилиши фақат айрим станокларнинг эмас, балки бутун завод ишини автоматлаштиришга имкон беради ва меҳнат унумдорлигини анча оширади.

Буларнинг ҳаммаси мамлакатимиз халқ хўжалигини электрлаштиришнинг нақадар катта аҳамиятга молик эканини кўрсатади.

2- §.

Жисмларнинг ишқаланишда ва зарядли жисмларга текканида электрланиши

Жунга ишқаланган каҳрабонинг момиқ, сомон, соч ва шунга ўхшаш енгил жисмларни ўзига тортишини ҳатто қадимги греклар ҳам билар эдилар, бироқ улар бу ҳодисанинг моҳияти нимада эканлигидан ва унинг инсон жамияти учун қандай фойда келтиришидан мутлақо беҳабар эдилар.

Эрамиздан олдинги 640—550 йилларда яшаган грек философи Фалес Милетский биринчи бўлиб бу ҳодисани баён қилиб берди, бироқ ўша вақтларда жамият ишлаб чиқариш фаолиятида бундай талаб бўлмагани учун бу ҳодиса 2000 йилдан ортиқ вақт давомида ўрганилмади ва ундан фойдаланилмади. Фақат Уйғониш даврига келибгина олимлар бу ҳодисани ўрганишга киришдилар.

Ф. Энгельс шундай деган эди: «Бу—ўша вақтга қадар инсоният бошидан кечирган кескин ўзгаришлар ичида энг буюк прогрессив ўзгариш эди, титанларга муҳтож бўлган ҳамда тафаккур кучи, завқу эҳтироси, характери, ҳар тарафлама маълумотлилиги ва билимдонлиги жиҳатидан титанларни вужудга келтирган давр эди...», сўнгра: «...табиатни ўрганиш соҳасидаги тадқиқот ҳам у вақтда умумий революция вазиятида борган, бунинг устига унинг ўзи бошдан-оёқ революцион руҳда бўлган: чунки у ҳали ўзига яшаш ҳуқуқини курашиб қўлга киритиши керак эди...». («Табиат диалектикаси». Марксча-ленинча философия хрестоматияси, I том, «Ўқитувчи», Т., 1971, 376—377- бетлар.)

XVI асрда инглиз олими Гильберт Фалес Милетский баён қилган тажрибаларни такрорлади. Тажрибалар асосида каҳрабодан ташқари олмос, тоғ хрустали, олтингугурт, смола ва бошқалар ҳам ишқаланганда энгил жисмларни ўзига тортишни аниқлади.

Бундай хоссага эга бўлган жисмлар электрланган жисмлар деб, жисмларда бундай хоссанинг пайдо бўлиши эса электрланиш ҳодисаси деб юритилди («электр» сўзи каҳрабо деган маънони билдирувчи грекча «электрон» сўзидан келиб чиққан).

Гильберт ўз тажрибаларида металлларни электрлай олмаган, шунинг учун жисмлар «табиатан электрланувчи» ва «электрланмайдиган» жисмларга бўлинади, деган мутлақо нотўғри фикрга келган.

Металлларни ишқалаб электрлашни биринчи бўлиб рус физиги В. В. Петров исбот қилиб берди.

Ҳар қандай жисмни ҳам унинг қаттиқ, суюқ ёки газ ҳолатида бўлишидан қатъий назар ишқалаб электрлаш мумкин эканлиги маълум бўлди.

Шундай бир тажриба қилиб курайлик. Эбонит таёқчани қоғоз қийқимларига яқинлаштирамиз, бунда таёқча қийқимларга ҳеч қандай таъсир кўрсатмаётганини сезамиз. Бу таёқчани жун газламага ишқалаймиз ва қайтадан қоғоз қийқимларига яқинлаштирамиз. Энди қоғоз қийқимларининг

таёқчага тортилаётганини кўрамиз (1-расм). Қоғоз қийқимларининг таёқчага тортилишига жисмда пайдо бўлган электр зарядлари сабаб бўлди.



1-расм.

Ҳар қандай моддада ҳам электр зарядлари мавжуд бўлишини, ишқалаш туфайли эса бир-бирига тегаётган жисмларда зарядларни қайта тақсимлаш мумкин эканини биз келгусида кўрамиз.

Яна бир тажриба қилайлик. Смола таёқчани жун газламага ишқалаб, сўнгра ипакка осилган металл шарчага тегизамиз. Шарчани қоғоз қийқимларига яқинлаштириб, шарчанинг зарядланганини сезиш осон. Бинобарин, таёқча шарчага текканда электр зарядлари шарчага ўтиб олган. Электрлашнинг бу усули зарядланган жисмга тегизиб электрлаш деб аталади.

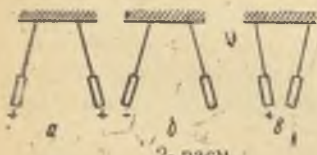
3- §.

Электр зарядларининг икки тури.

Зарядларнинг ўзаро таъсир қонуни

Жисмларни ишқалаб электрлашга доир тажрибалар ўтказиб Дюфе (1733) жисмларнинг турли жинсдаги электр билан электрланишини аниқлади. Бу хусусда у шундай деган эди: «Электрнинг икки тури бор: бир турини мен шишадаги электр деб, иккинчи турини смоладаги электр деб атайман. Биринчи тури шишада, қимматбаҳо тошларда, сочда, жунда ҳосил бўлади; иккинчи тури—кахрабо, смола, ипакда ҳосил бўлади».

Кейинроқ амальгамаланган чармга ишқаланган шишада ҳосил бўлган электр м у с б а т. электр деб, мўйнага ишқаланган смолада ҳосил бўлган электр м а н ф и й электр деб аталди.



2-расм.

Агар ипларга осилган қоғоз гильзалардан иккитаси мусбат (2-а расм) ёки манфий (2-б расм) электрланса, бу гильзалар бир-биридан итарилади. Агар бир гильзани мусбат, иккинчисини манфий электрласак, улар бир-бирига

тортилади (2-в расм). Шунга ўхшаш тажрибалар асосида зарядларнинг ўзаро таъсир қонуни кашф қилинди. Бу қонун шундай ифодаланади: *бир жинсли электр зарядлар ўзаро итарилишиди, турли жинсли электр зарядлар ўзаро тортишиади.*

4- §.

Электроскоп

Жисмларнинг электрланганлигини аниқлашга имкон берувчи асбоб электроскоп деб аталади. Унинг ишлаши зарядларнинг ўзаро таъсир қонунига асосланган.

3- расмда тасвирланган энг содда электроскоп шиша банкадан иборат бўлиб, банка резинка ёки эбонитдан қилинган изоляцияловчи тиқин билан ёпилган, бу тиқин орқали юқориги учига *B* шарча кийдирилган *A* металл стержень утказилган. Стерженнинг пастки учига папирос қоғози ёки алюминийдан қилинган юпқа енгил япроқчалар ёпиштирилган, бу япроқчалар бир иемли зарядлар билан зарядланиб ўзаро итарилади.



3- расм.

Уларнинг бир-бирдан узоқлашишига қараб жисм зарядланган ёки зарядланмаган экани билинади. Япроқчаларнинг узоқлашиш бурчаги электроскопдаги заряд катталигини кўрсатади.

Биринчи электроскопни М. В. Ломоносовнинг дўсти ва сафдоши рус олими Г. В. Рихман яратди. Электроскоп турли электр ўлчашлар учун қўлланилди.

5- §.

Электроний назария ҳақида тушунича

Энг содда электр ҳодисалари қадим замонлардаёқ маълум эди, бироқ электр ҳақидаги таълимот XVII асрга қадар деярли ривожланмади ва XVIII аср бошларида бу таълимот тартибга солинмаган далил ҳамда бир-бирига зид гипотезалар тупламидангина иборат эди. XVIII асрнинг бошида электрланган жисмларнинг таъсири жисмнинг ичида бўладиган қандайдир вазнсиз электр суюқлигининг намоён бўлиши деб қаралар эди. Баъзи олимлар ҳар қандай жисмда икки хил: мусбат ва манфий электр суюқлиги бўлади деб, бир хил суюқлик кўп бўлиши мусбат электрланишга, иккинчиси кўп бўлиши манфий электрланишга сабаб бўлади, деб ҳисоблар эдилар. Баъзи олимлар эса зарядланмаган ҳар қандай жисмда фақат бир хил электр суюқлиги бўлади, бу электр суюқлигининг ортиқча бўлиши мусбат электрланишга, етишмай қолиши манфий электрланишга сабаб бўлади, деб ҳисоблар эдилар.

XIX асрнинг биринчи ярмидан бошлаб электр техникада кенг қўллана бошлади. Электр амалда тобора кенг қўлла-

нила бърди, шу билан бирга, электротехниканинг физика ютуқларига боғлиқ равишда гуржираб ривожланиши электр ҳақидаги таълимотнинг ривожланишига катта таъсир кўрсатди.

Элементар электр зарядларининг мавжудлиги ва уларнинг модда билан боғлиқлиги Фарадей кашф этган электролиз қонунларида яққол кўринди. Сўнгра сийракланган газлар орқали электр тоқининг ўтишини ўрганишда элементар зарядларнинг эркин зарраларда бўлиши аниқланди.

Инглиз олими Ж. Ж. Томсон 1897 йилда манфий зарядга эга бўлган энг енгил заррани топди ва уни электрон деб атади.

Ҳозирги замон электроний назарияга мувофиқ, ҳар қандай химиявий элементнинг атоми мусбат зарядли ядро ва унинг атрофида айланувчи манфий зарядли зарралар—электронлардан иборат. Турли химиявий элементлар атомлари таркибига кирувчи электронлар бир хил, бироқ уларнинг сони ва жойлашиши турлича бўлади. Электроннинг массаси $m = 9,1066 \cdot 10^{-31}$ кг бўлиб, водород атоми массасидан тахминан 1840 марта кичик.

Ҳар қандай химиявий элементнинг атоми нормал ҳолатда бутунича олганда электр жиҳатдан нейтралдир. Бундан атом ядросининг мусбат заряди атомдаги барча электронларнинг манфий зарядига тенг эканлиги келиб чиқади.

Ташқи таъсирлар (бошқа атомларга тегиш, иситиш, ёритиш) натижасида атомлар ядронинг мусбат зарядини сақлагани ҳолда ўз электронларининг бир қисмини йўқотиши мумкин. Бундай ҳолларда улар мусбат зарядланиб қолади ва мусбат ионлар деб аталади.

Баъзан атомлар ўзларига қўшимча электронлар бириктириб олади ҳам. Бу ҳолда улар манфий зарядланиб қолади ва манфий ионлар деб аталади.

Ядродан энг узокда жойлашган электронлар қўшни атомлар таъсирида ўз атомларидан ажралиб, эркин бўлиб қолишлари мумкин. Металларда эркин электронлар кўп бўлади.

Электромагнитик ҳодисаларнинг, шунингдек модданинг электр, магнит ва оптик хоссаларининг элементар зарядли ҳаракати ва ўзаро таъсирини ўрганишга асосланган назарияси электроний назария дейилади.

Электроний назарияга кўра, ҳар қандай модда бир-бирига электр ўзаро таъсир кучлари билан боғланган мусбат ва манфий зарядлардан иборат.

Икки жисм ишқаланганда ёки бир-бирига текканда электронлар уринувчи бир сиртдан иккинчисига ўтади.

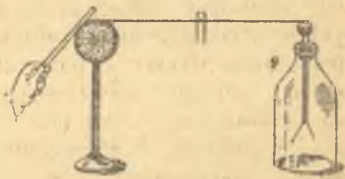
Электронлар ортиқча бўлиб қолган жисм манфий зарядланади; электрон етишмай қолган бошқа жисм эса мусбат зарядланади.

6 - §.

Ўтказгич ва диэлектриклар

Шундай бир тажриба қилайлик. Изоляцияловчи тагликка ўрнатилган металл шар олиб, уни электроскоп стерженига сим билан улайлик (4 - расм).

Эбонит таёқчани жун газламага ишқалаймиз ва таёқчани шарга тегизиб, уни электрлаймиз. Айни вақтда электроскоп ҳам электрланиб қолганини кўрамиз. Бу эса заряднинг бир қисми сим орқали шардан электроскопга ўтганини билдиради. Шарни электроскоп стержени билан уловчи сим ўрнига шиша таёқча қўйсак, электроскоп япроқчаларининг оғмаётганини кўрамиз.



4- расм.

Шунга ўхшаш тажрибалар турли моддаларнинг электр зарядларни узатиш қобилияти турлича эканини кўрсатди.

Электр зарядлари эркин кўча оладиган моддалар ўтказгичлар деб аталади. Барча металллар, кўмир, графит, туз, кислота ва ишқорларнинг эритмалари ўтказгичлар жумласига киради.

Электр зарядлари эркин кўча олмайдиغان моддалар ўтказгичмаслар — изоляторлар (ёки диэлектриклар) деб аталади. Шиша, чинни, эбонит, смола, ипак, сув, керосин, слюда, парафин, мойлар диэлектриклар жумласидандир.

Моддаларни ўтказгич ва диэлектрикларга бўлиш жуда нисбийдир, чунки улар орасига кескин чегара қўйиб бўлмайди. Кейинги вақтларда ўтказгичлар билан диэлектриклар орасида оралиқ ўринни эгалловчи ярим ўтказгичлар катта аҳамият касб этмоқда. Мис (II) - оксиди, селен, таллий сульфид, германий, кремний ярим ўтказгичларга мисол бўлади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Табиатда зарядларнинг қандай турлари бор?
2. Нима учун жисмларни ишқалаб электрлаганда улар турли нисбатда зарядлар билан зарядланиб қолади?

3. Нимдә үчүн ишқалаб электрлағанда иккала жисм катталиғи бир хил булған заряд билан зарядланиб қолади?
4. Электр зарядлари бир-бирига қандай таъсир қилади?
5. Қандай электролар эркин электролар деб аталади?
6. Қандай жисмлар ўтказгич, изолятор, ярим ўтказгич деб аталади?
7. Қандай моддалар ўтказгичларга, қандайлар и изоляторларга ва қандайлар и ярим ўтказгичларга мисол бўлади?
8. Изоляторни қўлда ушлаб ишқаланса, уни электрлаш мумкинми? Ходисанинг сабабини тушунтириб беринг.
9. Ўтказгични қўлда ушлаб ишқаланса, уни электрлаш мумкинми? Ходисанинг сабабини тушунтириб беринг.
10. Жисмни жисмга тегизиш йўли билан электрлаш нима?
11. Электроскопнинг ишлаши қандай қонунга асосланган?

7- §.

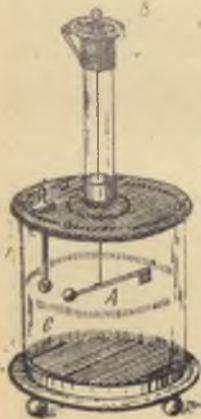
Кулон қонуни

1785 йилда француз олими Кулон икки электр зарядининг ўзаро таъсир кучи, уларнинг катталиғи ва улар орасидаги масофа ўртасидаги миқдорий боғланишни аниқлади.

Зарядларнинг ўзаро таъсирини текшириш учун Кулон бурилма тарозидан фойдаланди (5-расм). Бурилма тарози цилиндр шаклидаги шиша идиш ичида жуда ингичка кварц ипга осилган *A* стержень бўлиб, у электр зарядларини ўтказмайди. Стерженнинг бир учига металл шарча, иккинчи учига посанги маҳкамланган. Ишнинг юқориги учи *B* каллакнинг марказига маҳкамланган бўлиб, *B* каллак бўлимларга бўлинган шкала бўйлаб кўрсаткичи билан бирга айлана олади. Кварц ипнинг буралиш бурчаги бу шкаладан аниқланади.

Идиш қопқоғидаги тешикдан ўлчамлари биринчи шарнинг ўлчамларига тенг булған иккинчи шарча киритилади. Цилиндрдаги *C* шкала бўйича стерженнинг вазияти белгилаб олинади. Сўнгра иккала шарчага заряд берилади ва улар бир-биридан бирор масофага қўйилади. Зарядларни ўзгартирмаган ҳолда шарчалар орасидаги масофани ўзгартириб, бу масофани ва ипнинг бурилиш бурчагини ўлчаб, зарядлар ўзаро таъсир кучининг масофага боғланишини аниқлаш мумкин.

Зарядлар катталигини (масофани ўзгартирмаган ҳолда) шундай ўзгартириш мумкин: идишдаги зарядланган иккала шарчадек келадиган зарядси; шарча олинади ва зарядланган шарча-



5- расм.

лардан бирига бир ёки бир неча марта тегизилади, бунда зарядли шарча заряднинг ярми зарядсиз шарчага ўтади. Заряд бошлангич катталигидан икки, тўрт ва ҳоказо марта камайтирилади. Шундай қилиб, ҳавода турган зарядларнинг катталиги билан ўзаро таъсир кучи орасидаги муносабат аниқланди, бу муносабат вакуум учун ҳам анча тўғридир.

Ўтказилган тажрибалар асосида Кулон қуйидаги қонуни чиқарди: *вакуумда жойлашган икки нуқтавий электр зарядининг ўзаро таъсир кучи зарядларнинг кўпайтмасига тўғри пропорционал, улар орасидаги масофа квадратига тескари пропорционал ва бу зарядларни бирлаштирувчи тўғри чизик бўйлаб йўналган.*

Ўлчамлари улар орасидаги масофага нисбатан кичик бўлган зарядли жисмлар нуқтавий зарядлар дейилади.

Кулон қонунининг математик ифодаси қуйидагича:

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

бу ерда F — ўзаро таъсир кучи; q_1 ва q_2 — зарядлар катталиги; r — зарядлар орасидаги масофа; k — формулага кирувчи катталиклар бирликларининг танланишига боғлиқ бўлган пропорционаллик коэффициенти.

8-§.

Муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги

Тажрибаларнинг кўрсатишича, электрланган жисмларнинг ўзаро таъсир кучи бу жисмлар жойлашган изоляцияловчи муҳитга ҳам боғлиқ бўлар экан. Масалан, бошқа шароитлар бир хил бўлганда керосинда ўзаро таъсир кучи вакуумдагидан икки марта кам, сувда эса 81 марта кам.

Изоляцияловчи муҳитнинг электрланган жисмлар ўртасидаги ўзаро таъсир кучига кўрсатадиган таъсирини ҳисобга олишга имкон берувчи катталик муҳитнинг абсолют диэлектрик сингдирувчанлиги деб аталади ва ϵ_a (грекча «эпсилон» ҳарфи) билан белгиланади. ϵ_a қанча катта бўлса, зарядларнинг ўзаро таъсир кучи шунча кам бўлади. Изоляцияловчи ҳар қандай муҳит учун Кулон қонунини бундай ёзиш мумкин:

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

Изоляцияловчи ҳар қандай муҳитдаги икки нуқтавий электр заряди ўртасидаги ўзаро таъсир кучи зарядлар кўпайтмасига тўғри пропорционал ва муҳитнинг абсолют диэлектрик сингдирувчанлигига ҳамда зарядлар срасидаги масофа квадратига тескари пропорционалдир.

Абсолют диэлектрик сингдирувчанлик (ϵ_a) ни икки катталик кўпайтмаси сифатида ёзиш мумкин:

$$\epsilon_a = \epsilon \epsilon_0,$$

бу ерда ϵ — фақат муҳитнинг хоссаларига боғлиқ бўлиб, ўлчов бирликларининг танланишига боғлиқ бўлмаган катталик, ϵ_0 — фақат ўлчов бирликларининг танланишига боғлиқ бўлиб, муҳитнинг хоссаларига боғлиқ бўлмаган катталикдир.

ϵ_0 катталик электр доимийси деб аталади ва СИ системасида қиймати қуйидагича бўлади:

$$\epsilon_0 = \frac{10^{-9} \text{Кл}^2}{36\pi \text{Н} \cdot \text{м}^2} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}.$$

ϵ катталик нисбий диэлектрик сингдирувчанлик ёки қисқача диэлектрик сингдирувчанлик деб аталади ва айни шу муҳитда электр зарядлари орасидаги ўзаро таъсир кучи вакуумдагидан қанча марта кичик эканлигини кўрсатади.

Вакуум учун $\epsilon = 1$.

Жадвалда баъзи моддаларнинг нисбий диэлектрик сингдирувчанлиги келтирилган:

Модда	ϵ	Модда	ϵ
Ҳаво (10^5 Н/м ² да)	1,0006	Қарбولىт	3—5
Керосин	2,0	Шийша	6—8
Парафин	2,2	Слюда	8—9
Эбонит	2,7	Сув	81

Кулон қонуни формуласига $\epsilon_a = \epsilon \epsilon_0$ қийматни қўямиз:

$$F = \frac{kq_1q_2}{\epsilon_0 \epsilon r^2}.$$

СГС системасида $\epsilon_0 = 1$ ва $k = 1$ деб олишга шартлашдик, шунинг учун бу системада ҳар қандай муҳит учун Кулон қонуни

$$F = \frac{q_1q_2}{\epsilon r^2}$$

кўринишга келади. СИ системасида $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ деб қабул қилинган (бу ерда $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$), шунинг учун Кулон формуласи

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

кўринишда ёзилади.

9- §.

Электр миқдори бирликлари

СИ системасида асосий бирликлар сифатида масса, узунлик ва вақтнинг ўлчов бирликлари қабул қилинганини биз механикада кўрган эдик. Молекуляр физикада бу бирликларга температура бирлиги — Кельвин градуси қўшилди. Электр катталикларни ўлчашда ҳам бирор катталикнинг ўлчов бирлигини асосий ўлчов бирлиги қилиб олиш зарур. СИ системасида бундай бирлик сифатида ток кучининг бирлиги — ампер қабул қилинган, унинг таърифини кейинроқ берамиз.

Шундай қилиб, энди биз СИ системасининг асосий ўлчов бирликларидан бештасига эга бўлдик: метр (м), килограмм (кг), секунд (с), кельвин (К) ва ампер (А).

Қолган барча электр катталиклари ҳосилавий катталиклардир.

СИ системасида электр миқдори кулон ҳисобида (Кл) ўлчанади. Бир Кл зарядни тасаввур қилиш учун Кулон қонунидан фойдаланамиз.

Ҳар бири 1 Кл дан бўлган q_1 ва q_2 зарядлар вакуумда бир-биридан 1 м масофага жойлаштирилган бўлсин. У ҳолда улар орасидаги ўзаро таъсир кучи қуйидагига тенг бўлади:

$$F = \frac{1 \text{ Кл} \cdot 1 \text{ Кл}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл} / (\text{Н} \cdot \text{м}^2) \cdot 1 \text{ м}^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н}.$$

Бу зарядларнинг ўзаро таъсир кучи тўққиз миллиард ньютонга тенг!

Бундан кулон амалда учрамайдиган жуда катта заряд эканлиги кўриниб турибди. Шунинг учун кўпинча заряднинг СГС системасидаги кичикроқ бирликларидан фойдаланилади. Бу системада заряд бирлиги нимага тенг бўлишини топайлик.

Куч $F = 1$ дина, зарядлар орасидаги масофа $r = 1$ см, $k = 1$, зарядлар $q_1 = q_2 = q$ бўлсин, у ҳолда вакуум учун Кулон қонунидан

$$q = \pm 1$$

эканни келиб чиқади, яъни заряд катталиги сон жиҳатидан бирга тенг. Заряднинг бундай бирлиги электростатик бирлик ёки СГС системасидаги бирлиги дейилади. Заряд бирлиги қилиб заряднинг электростатик бирлиги қабул қилинган СГС системаси абсолют электростатик система деб аталади.

Заряднинг электростатик бирлиги қилиб вакуумда ўзига тенг зарядга бир сантиметр масофадан бир дина куч билан таъсир қиладиган заряд қабул қилинган.

СИ ва СГС системаларида заряднинг ўлчов бирликлари орасида шундай муносабат бор:

$$1 \text{ Кл} = 3 \cdot 10^9 \text{ СГС}_q \text{ бирл.}$$

Электроннинг заряди $e = -4,8 \cdot 10^{-10}$ СГС_q бирлик, яъни $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл эканлиги тажрибадан топилган.

1- масала. Бир-бирига тенг иккита мусбат заряд сувда бир-биридан 3 см масофада жойлашган бўлиб, 16 дина куч билан итаришади. Ҳар бир заряднинг катталигини аниқланган. Масалани СГС ва СИ системаларида ечинг.

I. Берилган (СГС системаси)*:

$$\frac{F = 16 \text{ дина}; r = 3 \text{ см}; e = 81,}{q_1 = q_2 = q = ?}$$

Ечилиши

1. Кулоннинг

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

қонунидан заряд катталигини топамиз

$$q^2 = \epsilon r^2 F \text{ ёки } q = r \sqrt{\epsilon F}.$$

Индиз олдида «+» ишора оламиз, чунки масаланинг шартига кўра, зарядлар мусбатдир.

2. Ҳисоблаймиз:

$$q = 3 \cdot \sqrt{81 \cdot 16} \text{ СГС}_q \text{ бирл.} = 108 \text{ СГС}_q \text{ бирл.}$$

II. Берилган (СИ системаси):

$$F = 16 \text{ дина} = \frac{16}{10^5} \text{ Н} = 16 \cdot 10^{-5} \text{ Н}; r = 0,03 \text{ м} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м};$$

* Агар масала СИ системасида эмас, балки бошқа системада ечилиши керак бўлса, қавс ичида бирликлар системаси кўрсатилади.

$$\epsilon_0 = \frac{10^{-9} \text{ Кл}^2}{36\pi \text{ Н} \cdot \text{м}^2}; \epsilon = 81,$$

$$q_1 = q_2 = q = ?$$

Ечилиши

$$1. F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \text{ Кулон конунидан заряд катталигини топамиз}$$

$$q^2 = 4\pi\epsilon_0\epsilon r^2 F,$$

ёки

$$q = \sqrt{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2 F} = 2r \sqrt{\pi\epsilon_0\epsilon F}.$$

2. Ҳисоблаймиз:

$$q = 2 \cdot 3 \cdot 10^{-2} \text{ м} \sqrt{\frac{\pi \cdot 10^{-9} \text{ Кл}^2 \cdot 81 \cdot 16 \cdot 10^{-5} \text{ Н}}{36\pi \text{ Н} \cdot \text{м}^2}} =$$

$$= \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 9 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}}{6 \text{ м}} = 36 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}.$$

СГС системасида олинган натижани кулон ҳисобида ифодалаймиз

$$q = 108 \text{ СГС}_q \text{ бир.} = \frac{108}{3 \cdot 10^9} \text{ Кл} = \frac{36}{10^9} \text{ Кл} = 36 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}.$$

Иккала системада бир хил натижа олингани кўриниб турибди.

2-масала. Биринчи +20 СГС_q бирл; иккинчиси +80 СГС_q бирл. бўлган икки заряд кerosинда бир-биридан 24 см масофада жойлашган. Электр кучлари таъсирида мувозанатда бўлиши учун +5 СГС_q бирл. зарядни қаерга жойлаштириш керак?

Берилган (СГС системаси):

$$q_1 = +20 \text{ СГС}_q \text{ бирл}; \quad q_2 = +80 \text{ СГС}_q \text{ бирл}; \quad r = 24 \text{ см};$$

$$q_3 = +5 \text{ СГС}_q \text{ бирл};$$

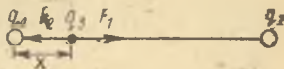
$$x = ?$$

Ечилиши

Барча зарядлар бир хил ишорали бўлгани сабабли q_3 заряд мувозанатда бўлиши учун у q_1 ва q_2 зарядларнинг орасида уларни бирлаштирувчи тўғри чизиқда шундай нуқтага жойлашиши керакки, бу нуқтада q_3 зарядга бу зарядлар томонидан таъсир қилувчи кучлар тенг ва қарамқарши томонга йўналган бўлиши керак (6-расм).

1. Ҳар қандай муҳитга онд Кулон қонунини q_1 ва q_3 зарядлар учун қўлаймиз ва уларнинг ўзаро таъсир кучини топамиз:

$$F_1 = \frac{q_1 q_3}{\epsilon x^2}.$$



6-расм.

2. Шу қонунни q_2 ва q_3 зарядлар учун қўлаймиз ва уларнинг ўзаро таъсир кучини топамиз:

$$F_2 = \frac{q_2 q_3}{\epsilon (r-x)^2}.$$

3. q_3 заряд электр кучлари таъсирида мувозанатда туриши керак бўлгани учун $F_1 = F_2$ яъни

$$\frac{q_1 q_2}{\epsilon x^2} = \frac{q_2 q_2}{\epsilon (r-x)^2} \quad \text{бўлиши керак, бундан} \quad \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(r-x)^2}$$

ёки

$$q_1 (r-x)^2 = q_2 x^2.$$

Бу тенгликдан учинчи заряднинг мувозанати унинг катталигига ҳам, зарядлар турган муҳитга ҳам боғлиқ бўлмас эканлиги кўринади.

4. Масофани ҳисоблаб топамиз:

$$\begin{aligned} 20(24-x)^2 &= 80 \cdot x^2; & (24-x)^2 &= 4x^2; & \sqrt{(24-x)^2} &= \sqrt{4x^2} \\ 24-x &= 2x; & 24 &= 3x; & x &= 8 \text{ см.} \end{aligned}$$

q_1 заряд q_2 заряддан 8 см масофада туради.

3-масала. Массалари 1 г дан бўлган ва бир хил зарядланган иккита кичкина шарча ҳар бирининг узунлиги 98 см дан бўлган ипак ипга осилган. Шарчалар бир-биридан итарилиб, бир-бирдан 3,2 см га узоқлашди. Шарчаларни ҳавода турибди деб ҳисоблаб, ҳар бир шарчанинг зарядини аниқланг.

Берилган (СГС системаси):

$$\begin{aligned} m_1 = m_2 = m = 1\text{г}; & \quad l = 98 \text{ см}; \quad r = 3,2 \text{ см}; \quad \epsilon \approx 1. \\ q_1 = q_2 = q = ? \end{aligned}$$

Ечилиши

1. Шарчалардан ҳар бирига уларнинг яқинлашиш томониغا таъсир қилувчи кучни шарчанинг P оғирлик кучининг ташкил этувчиси сифатида топамиз (7-расм):

$$\frac{F_1}{P} = \frac{0,5r}{l}, \quad \text{бундан} \quad F_1 = \frac{0,5 Pr}{l}, \quad \text{бу ерда} \quad P = mg.$$

2. Шарчаларни узоқлаштирувчи зарядлараро итарилиш кучини Кулон қонунига мувофиқ топамиз:

$$F_2 = \frac{q q}{\epsilon r^2}.$$

3. Ҳар бир шарча бир тўғри чизиқ буйлаб қарама-қарши томонларга йўналган F_1 ва F_2 кучлар таъсирида мувозанатда бўлгани учун бу кучлар тенг ($F_1 = F_2$) бўлади, яъни

$$\frac{0,5 r P}{l} = \frac{q^2}{\epsilon \cdot r^2}, \quad \text{бундан} \quad q^2 = \frac{0,5 r m g \epsilon r^2}{l}$$

ёки

$$q = \pm \sqrt{\frac{0,5 r m g \epsilon r^2}{l}} = \pm r \sqrt{\frac{0,5 r m g \epsilon}{l}}$$

4. Заряд катталигини ҳисоблаб топамиз:

$$\begin{aligned} q &= \pm 3,2 \sqrt{\frac{0,5 \cdot 3,2 \cdot 1 \cdot 980 \cdot 1}{98}} \text{ СГС}_q \text{ бирл.} = \\ &= \pm 3,2 \cdot 4 \text{ СГС}_q \text{ бирл.} = \pm 12,8 \text{ СГС}_q \text{ бирл.} \end{aligned}$$



Ўз-ўзини текшириш учун масъалалар

1. Вакуум учун Кулон қонунини ифода қилиб беринг.
2. СГС ва СИ системаларида заряд бирлиги сифатида нима қабул қилинган ва улар орасидаги муносабат қандай?
3. Электрон заряди нимага тенг?
4. Муҳитнинг абсолют диэлектрик синдирувчанлиги деб нимага айтилади?
5. СГС ва СИ системаларида ҳар қандай муҳит учун Кулон қонуни қандай ифодаланади?
6. СГС ва СИ системаларида электр доимийси нимага тенг?
7. Катталиклари тенг бўлган иккита маиқий заряд ҳавода бир-биридан 20 см масофада турибчи ва бир-биридан 10 000 дина куч билан ытарилмоқда. Ҳар бир заряднинг катталигини аниқланг.

Жавоб: —2000 СГС_q бирл.

8. Ҳар бири + 100 СГС_q бирлик бўлган икки заряд слюда ороқли 5000 дина куч билан ўзаро таъсир қилмоқда. $\epsilon = 8$ бўлса, слюда қатламнинг қалинлиги нимага тенг бўлади?

Жавоб: 0,5 см.

9. Электроннинг заряди $-4,8 \cdot 10^{-10}$ СГС_q бирлик, водород ядросининг заряди $+4,8 \cdot 10^{-10}$ СГС_q бирлик, улар орасидаги ўртача масофа 10^{-8} см бўлса, электрон водород атоми ядросига қандай куч билан тортилади?

Жавоб: $2,304 \cdot 10^{-3}$ дина.

10. Ҳар бири $3,3 \cdot 10^{-6}$ Кл бўлган икки заряд трансформатор мойи ичида ($\epsilon = 2,2$) бир-биридан 0,045 м масофада ўзаро таъсир қилмоқда. Зарядларнинг ўзаро таъсир кучини аниқланг.

Жавоб: 22 Н.

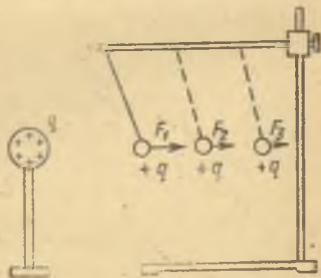
11. 0,002 ва 0,0003 Кл бўлган икки заряд вакуумда 6 Н куч билан ўзаро таъсир қилмоқда. Зарядлар орасидаги масофани аниқланг.

Жавоб: 30 м.

10-§.

Электр майдони

Шундай бир тажриба ўтказайлик. Изоляцияловчи тагликка ўрнатилган металл шар ва ипак ипга осилган енгил маржон шарча оламиз ва уларга бир хил ишорали заряд берамиз (8-расм). Маржон шарчани яқинлаштириб ва узоқлаштириб, ҳар гал бирор масофада турган зарядларнинг ўзаро таъсир қилишини кузатамиз.



8-расм.

Худди шу тажрибани ҳаво насоси қунғироғи остида, яъни ҳавосиз фазо (вакуум) ҳосил қилиш мумкин бўлган жойда такрорлаб, узаро таъсир характери вакуумда ҳам узгармаслигини кўрамиз.

Табиатда жисмлар ўзлари орасида моддий муҳит бўлгандагина узаро таъсир қилишини биз биламиз.

Электр зарядларининг узаро таъсири қандай юз беради? Чуқур тадқиқотлар олиб бориш натижасида олимлар *электр зарядларининг олисдан туриб қиладиган узаро таъсири ҳам зарядлар билан чамбарчас боғланган ва электр майдони деб аталувчи махсус моддий муҳит орқали амалга ошади*, деган хулосага келдилар.

Электр майдони модда эмас, балки материянинг алоҳида бир туридир.

Материянинг электр билан зарядланган зарралари ва электр майдони материянинг иккита ажралмас туридир.

Ҳар бир электр заряди атрофида ўзининг электр майдони бўлиб, бу майдон фақат электр зарядларигагина таъсир қилади.

Электр майдонининг зарядланган жисмларга таъсир қилувчи кучлари электр кучлари деб аталади.

Майдон узаро таъсирларни тахминан 300 000 км/сек бўлган жуда катта, бироқ тайинли тезлик билан узатади.

Электр майдонида энергия узлуксиз тақсимланган, бироқ бу энергиянинг зичлиги зарядли зарра энергиясининг зичлигидан анча кам.

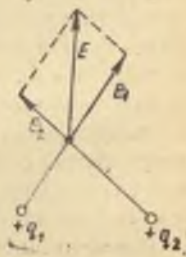
Электрланган жисмни ўраб турган электр майдони чексизликкача давом этади. Бироқ электр кучлари масофа ортиси билан тез камаяди, шунинг учун заряд электр майдонининг таъсирини амалда ана шу заряддан унча узок бўлмаган масофалардагина пайқаш мумкин.

11-§.

Электр майдонининг кучланганлиги

Ипак ипга осилган енгилгина маржон шарча олиб, унга бирор q мусбат заряд берамиз. Уни с и н а ш з а р я д и деб атаймиз.

Синаш зарядини бошқа бир Q заряднинг электр майдонига жойлаштириб, биз айни бир синаш зарядига таъсир қилаётган кучлар майдоннинг турли нуқталарида турлича эканини сезамиз (қ. 8-



9- расм.

расм). Кучлон қонуни асосида ҳам унга ҳуҷосага келиш мумкин эди.

Агар майдоннинг айна бир нуқтасига катталиги турлича, масалан, 2 марта, сўнгра 3 марта ва ҳоказо марта катта бўлган синаш зарядларини қўйсак, синаш зарядига таъсир қилувчи куч ҳам 2 марта, сўнгра 3 марта ва ҳоказо марта ортади, яъни Кулон қонунига мувофиқ равишда синаш заряди катталигига пропорционал ортади.

Бироқ синаш зарядининг катталигини биз ҳар қанча ўзгартирмайлик, майдоннинг шу нуқтасида синаш зарядига таъсир қилаётган кучнинг бу заряд катталигига нисбати ўзгармай қолаверади, яъни

$$\frac{F}{q} = \frac{2F}{2q} = \frac{3F}{3q} = \text{const},$$

бу ерда F — электр кучи, q — синаш (мусбат) заряди.

Бу ўзгармас катталик электр майдонининг шу нуқтадаги интенсивлигини ифодалайди ва кучланганлик деб аталади. Агар майдоннинг кучланганлиги E бўлса, у ҳолда

$$E = \frac{F}{q}.$$

Майдоннинг тайинли бир нуқтасидаги кучланганлик деб майдоннинг шу нуқтасига жойлаштирилган мусбат зарядга майдон томонидан таъсир қилаётган кучнинг шу заряд катталигига нисбати билан аниқланадиган катталикка айтилиди.

Кучланганлик формуласидан кўриниб турибдики, $q = +1$ бўлганда $E = F$ бўлади, яъни майдоннинг кучланганлиги со н ж и ҳ а т и д а н майдоннинг шу нуқтасига жойлаштирилган бирлик мусбат зарядга майдон томонидан таъсир қилаётган кучга тенг.

Электр майдонининг кучланганлиги вектор дир. Кучланганлик векторининг йўналиши майдоннинг шу нуқтасидаги куч векторининг йўналиши билан бир хил бўлади. Агар майдонни q_1 ва q_2 зарядлар ҳосил қилган бўлса, майдоннинг бу нуқтадаги E_1 ва E_2 кучланганликлари ҳар бир заряд учун топилади ва сўнгра умумий E кучланганлик векторларни қўшиш қондасига мувофиқ аниқланади (9-расм).

Кучланганликнинг ўлчов бирликларини келтириб чиқарамиз.

СИ системасида куч бирлиги қилиб 1 Н, заряд бирлиги қилиб 1 Кл олинган. У ҳолда $E = \frac{F}{q}$ формулага мувофиқ, кучланганлик бирлиги

$$[E] = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ Н/Кл}$$

бўлади.

СИ системасида кучланганлик бирлиги қилиб электр майдонининг шундай нуқтасидаги кучланганлик олинадики, бу нуқтада 1 Кл мусбат зарядга 1 Н куч таъсир қилади.

СГС системасида куч бирлиги қилиб 1 дина, заряд бирлиги қилиб 1 СГС_q бирл. олинади. Кучланганликнинг $E = F/q$ формуласига мувофиқ, кучланганликнинг

$$1 \text{ СГС}_E \text{ бирл.} = \frac{1 \text{ дина}}{1 \text{ СГС}_q \text{ бирл.}}$$

бирлигини ҳосил қиламиз (уни СГС_E бирл. билан белгилаймиз).

СГС системасида кучланганлик бирлиги қилиб электр майдонининг шундай нуқтасидаги кучланганлик олинадики, бу нуқтада электростатик бирликка тенг мусбат зарядга бир дина куч таъсир қилади.

Электротехникада кўпинча кучланганликнинг бошқа амалий бирликларидан фойдаланилади, масалан,

$$1 \frac{\text{Вольт}}{\text{метр}} \text{ қисқача } 1 \text{ В/м.}$$

Бу бирлик 1 Н/Кл дан шундай йўл билан чиқарилиши мумкин:

$$E = \frac{F}{q}; \quad [E] = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ Кл}} = \frac{1 \text{ Ж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \frac{\text{Ж}}{\text{м} \cdot \text{Кл}}.$$

Ўз навбатида 1 Жоуль = 1 Вольт · 1 Ампер · 1 секунд (қисқача 1 Ж = 1 В · А · с), у ҳолда

$$[E] = 1 \frac{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}{\text{м} \cdot \text{Кл}} = 1 \frac{\text{В} \cdot \text{Кл}}{\text{м} \cdot \text{Кл}} = 1 \text{ В/м.}$$

СИ ва СГС системасида кучланганлик бирлиги орасидаги муносабат қуйидагича бўлади:

$$1 \text{ В/м} = \frac{1}{3} \cdot 10^{-4} \text{ СГС}_E \text{ бирл.}$$

Синаш (мусбат) заряди нуқтавий Q заряддан r масофада жойлашган ва биз бу Q заряд майдонининг синаш заряди жойлашган нуқтадаги кучланганлигини билтишимиз керак бўлсин, дея фараз қилайлик.

Кулон қонунига мувофиқ, СГС системасида q зарядга

$$F = \frac{Q q}{\epsilon_0 \epsilon r^2}$$

куч таъсир қилади. $\epsilon_0 = 1$ бўлгани учун

$$F = \frac{Q q}{\epsilon r^2}$$

Q заряд майдонининг q синаш заряди жойлашган нуқтадаги кучланганлиги қуйидагига тенг:

$$E = \frac{F}{q}$$

Бу формулага F нинг бундан аввалги формуладаги қийматини қўйиб,

$$E = \frac{Q q}{\epsilon r^2 q} = \frac{Q}{\epsilon r^2},$$

яъни

$$E = \frac{Q}{\epsilon r^2}$$

формулани топамиз.

E нинг СИ системасидаги ифодасини ҳам шунга ўхшаш йўл билан келтириб чиқариш мумкин:

$$E = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r^2} = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon \cdot 4\pi r^2},$$

бу ерда

$$\epsilon_0 = \frac{10^{-9} \text{ Кл}^2}{36 \pi \text{ Н} \cdot \text{м}^2} = \frac{10^{-9}}{36 \pi} \frac{\text{Кл}}{\text{м} \cdot \text{В}}$$

E нинг формуласидаги $4 \pi r^2$ ифода r радиусли шар сиртининг юзини билдиради.

Бу формуладан шундай хулоса чиқадики, нуқтавий заряд майдонининг бирор нуқтасидаги кучланганлиги бу заряд катталигига тўғри пропорционал ва муҳитнинг абсолют диэлектрик сингдирувчанлиги билан радиуси майдоннинг шу нуқтасидан майдонни юзага келтираётган зарядгача бўлган масофага тенг бўлган шар сиртининг юзига тескари пропорционал.

4-масала. Агар $+50$ СГС $_q$ бирликка тенг зарядни майдоннинг кучланганлиги $0,2$ СГС $_E$ бирликка тенг бўлган нуқтасига қўйсақ, зарядга қандай куч таъсир қилади?

Берилган (СГС системаси):

$$\frac{q = 50 \text{ СГС}_q \text{ бирл}; \quad E = 0,2 \text{ СГС}_E \text{ бирл.}}{F = ?}$$

Ечилиши

1. Майдоннинг шу нуқтасида таъсир қилаётган кучни қуйидаги формуладан топамиз:

$$E = \frac{F}{q}$$

Бундан

$$F = Eq.$$

2. Кучни ҳисоблаймиз:

$$F = 0,2 \cdot 50 \text{ дина} = 10 \text{ дина.}$$

5-масала. +8100 СГС_q бирликка тенг нуқтавий заряд майдоннинг сувда узидан 5 см масофадаги кучланганлигини аниқланг.

Берилган (СГС системаси):

$$\frac{Q = 8100 \text{ СГС}_q \text{ бирл}; \quad r = 5 \text{ см}; \quad \epsilon = 81.}{E = ?}$$

Ечилиши

1. Электр майдоннинг мазкур нуқтадаги кучланганлигини қуйидаги формуладан топамиз:

$$E = \frac{Q}{\epsilon r^2}$$

2. Кучланганликни ҳисоблаймиз:

$$E = \frac{8100}{81 \cdot 5^2} \text{ СГС}_E \text{ бирл.} = 4 \text{ СГС}_E \text{ бирл.}$$

6-масала. Нуқтавий заряд ҳосил қилган майдоннинг кerosинда узидан 2 м масофадаги кучланганлиги 9 В/м га тенг. Заряд катталигини топинг.

Берилган:

$$\frac{E = 9 \text{ В/м}; \quad r = 2 \text{ м}; \quad \epsilon_0 = \frac{10^{-9} \text{ Кл}}{36 \pi \text{ В} \cdot \text{м}}; \quad \epsilon = 2.}{Q = ?}$$

Ечилиши

1. Заряд катталигини қуйидаги формуладан фойдаланиб аниқлаймиз:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$$

Бундан

$$Q = 4\pi\epsilon_0\epsilon r^2 E.$$

2. Зарядни ҳисоблаймиз:

$$Q = \frac{4\pi \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{36\pi \text{ В} \cdot \text{м}} \cdot 2 \cdot 4 \text{ м}^2 \cdot 9 \text{ В/м} = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

12- §.

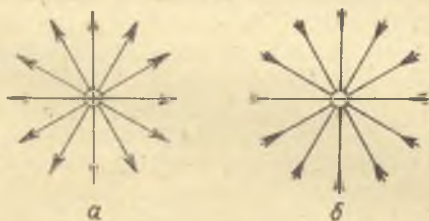
Электр куч чизиқлари

Майдонга киритилган ҳар қандай заряд нуқтавий заряднинг ҳосил қилган электр майдони таъсирида бирор чизиқ бўйлаб кучади. Бундай чизиқлар электр куч чизиқлари дейилади. Бу чизиқларга тайинли бир йўналиш беришга келишиб олинган: *майдонга киритилган мусбат заряд ҳаракатланиши мумкин бўлган йўналиш куч чизиғининг йўналиши қилиб қабул қилинган.*

Мусбат заряддан манфий зарядга томон йўналиш куч чизиқларининг мусбат йўналишига мос келади.

Бунинг асосида *электр куч чизиқлари мусбат заряддан бошланиб манфий зарядда тугайди ёки чексизликка кетиши мумкин,* деган хулосага келиш мумкин.

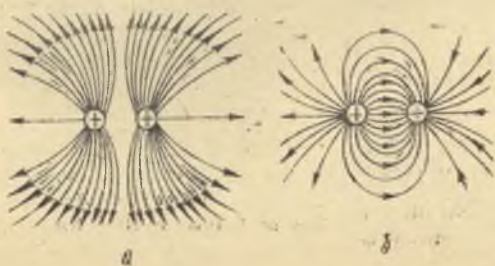
10-а ва б расмда турли ишорали нуқтавий зарядлар ҳосил қилган майдонларнинг куч чизиқлари кўрсатилган.



10- расм.

Иккала ҳолда ҳам куч чизиқлари мусбат заряддан чиққан ва манфий зарядга кирган радиуслар бўйлаб йўналган.

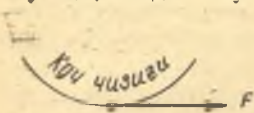
Бироқ куч чизиқлари ҳамма вақт ҳам тўғри чизиқ бўлавермайди. 11-а ва б расмда иккита бир исмли ва иккита



11- расм.

турли исмли зарядланган нуқтавий зарядлар майдонининг куч чизиқлари манзараси курсатилган.

Заряд электр майдони кучлари таъсирида ҳаракатлангани ва майдоннинг ҳар бир нуқтасида куч майдоннинг шу нуқтасидаги куч чизиғига ўтказилган уринма билан бир хил бўлган ягона йўналишга эга бўлгани учун (12-расм), майдоннинг икки куч чизиғи ҳеч вақт кесишмайди. Акс ҳолда майдон кучлари айти бир нуқтада турлича икки йўналишга эга бўлиб қолар эди, бундай бўлиши эса мумкин эмас.



12- расм.

Куч чизиқлари тўғрисида яққолроқ тасаввур олиш учун электр жиғаси (ёки иккита жиға) олайлик. Электр жиғаси юқорисида диски ва унга папирос қоғозидан узун тилимчалар ёпиштирилган ингичка металл стержендан иборат бўлади. Электрофор машина ёрдамида электрланган қоғоз тилимчалар фазода электр майдонининг куч чизиқлари бўйлаб ўзига хос тарзда жойлашади (13-а расм). Электр майдони куч чизиқларининг жойлашишини шундай тажрибада аниқлаш мумкин: шиша пластинкани вазелин билан мойлаб, электр майдонига қўйилади, сўнгра пластинка юзига гипс ёки хининнинг майда кристаллчалари сепилади, у ҳолда кристаллчалар электр майдонининг куч чизиқлари бўйлаб жойлашади (13-б расм).

Электр майдонини ўрганишда у график равишда тасвирланади, чунки куч чизиқларининг жойлашиши ва шак-



13- расм.

лига қараб электр майдонининг барча хусусиятлари аниқлашиши мумкин; маълумки, электр майдони айрим зарралардан (молекула, атом, электрон ва ҳоказолардан) тузилган модда эмас, балки материянинг узлуксизлик хоссасига эга бўлган алоҳида бир туридир.

Кучланганлик майдоннинг куч характеристикаси бўлгани сабабли куч чизиқларини чизиш учун қуйидаги усулдан фойдаланилади.

Агар майдоннинг бирор нуқтасидан бошлаб майдоннинг шу нуқтасидаги кучланганлик вектори йўналишида иккинчи қўшни нуқтага, сўнгра бу нуқтадаги кучланганлик вектори йўналишида учинчи қўшни нуқтага кўчсак ва шу тариқа кўчиб борсак, майдонда куч чизиғи чизган бўламиз.

Эгри чизиқ бўйлаб ҳаракатланган ҳолда унинг бирор нуқтасидаги йўналиш шу эгри чизиққа ўтказилган уринма йўналиши билан аниқланади, шунинг учун майдон кучланганлигининг вектори куч чизиғининг ҳар бир нуқтасида шу нуқтадаги уринма билан бир хил йўналиши керак. Шунга асосланиб, куч чизиғининг умумлашган қуйидаги таърифини бериш мумкин: *электр майдонининг куч чизиғи деб шундай чизиққа айтиладики, бу чизиққа унинг ҳар бир нуқтасида ўтказилган уринма йўналиши шу нуқтадаги кучланганлик вектори йўналиши билан бир хил бўлади*.*

14-расмда турли исмли икки заряд майдонининг куч чизиғи шаклини тушунтириб берувчи чизма ясалган ва зарядга таъсир қилувчи F натижавий куч (векторларни геометрик қўшиш йўли билан топилади) бир зарядга тортилиш кучи (F_1) билан иккинчи заряддан итарилиш кучи (F_2) нинг йиғиндисидан иборат бўлиши кўрсатилган.



14- расм.



15- расм.

* Куч чизиғини мусбат заряднинг ҳаракат траекторияси деб аташ мумкин эмас, чунки траектория шундай чизиқки, унга ўтказилган уринманинги йўналиши заряд тезлигининг йўналиши билан бир хил бўлади. Куч чизиғига эса зарядга таъсир қилувчи куч уринма бўлади.

Бир жинсли электр майдони ҳақида тушунча

Агар параллел жойлаштирилган иккита тенг металл пластинка олсак ва уларни ишоралари қарама-қарши бўлган тенг зарядлар билан зарядласак, бу пластинкалар электр майдонининг энг содда кўриниши бўлмиш бир жинсли электр майдони ҳосил қилади (15-расм).

Бир жинсли майдонда куч чизиқлари ўзаро параллел ва пластинкаларга перпендикуляр, чизиқларнинг жойлашиш зичлиги эса ҳамма жойда бир хил бўлади. Фақат пластинкаларнинг четларидагина чизиқлар эгриланади ва уларнинг жойлашиш зичлиги бошқача бўлади. Бир жинсли майдонда кучланганлик исталган нуқтада катталиги ва йўналиши жиҳатидан бир хил бўлади.

Бир жинсли майдоннинг куч чизиқлари қанча зич жойлашган бўлса, унинг ҳар бир нуқтасидаги кучланганлик шунча катта бўлади.

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Электр майдони нима ва унинг қандай хоссалари бор?
2. Майдоннинг маълум бир нуқтасидаги кучланганлиги деб нимага айтилади?
3. Электр майдонининг маълум бир нуқтасидаги кучланганлиги қандай формула билан ифодланади?
4. Электр майдони кучланганлигининг СГС ва СИ системаларидаги бирликларини қандай келтириб чиқариш мумкин?
5. Электр майдонининг кучланганлиги скаляр катталиқми ёки вектор катталиқми?
6. Нуқтавий заряд электр майдонининг кучланганлиги шу заряднинг катталигига, муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги ва майдоннинг шу нуқтасидан зарядгача бўлган масофага СГС ва СИ системаларида қандай боғлиқ бўлади?
7. Электр куч чизиги деб нимага айтилади?
8. Яккаланган нуқтавий мусбат ва манфий зарядларнинг майдони куч чизиқлар ёрдамида қандай тасвирланади?
9. Бир-бирига яқин жойлашган икки нуқтавий мусбат заряд ва турли ишорали икки нуқтавий заряднинг майдони куч чизиқлар ёрдамида қандай тасвирланади?
10. Бир жинсли электр майдони нима?
11. Бир жинсли электр майдонининг куч чизиқлари зичлиги нимага ифодалайди?
12. Майдоннинг $+20 \text{ СГС}_q$ бирликка тенг бўлган синаш зарядига 100 дина электр куч билан таъсир қилаётган нуқтасидаги кучланганлигини топинг.

Жавоби: 5 СГС_E бирлик.

13. Майдоннинг $+3$ Кл га тенг синаш зарядига 45 Н электр кучи билан таъсир қиладиган нуқтасидаги кучланганлигини топинг.

Ж а в о б и: 15 В/м.

14. $+10^{-10}$ Кл нуқтавий заряд ҳосил қилган майдоннинг заряддан бирор масофада керосиндаги кучланганлиги 5 В/м. Заряддан майдоннинг шу нуқтасигача бўлган масофани аниқланг.

Ж а в о б и: $0,8$ м.

14- §.

Потенциал ҳақида тушунча

Олимлар Ерни электр жиҳатдан ҳамма вақт нейтрал бўлиб қолаверадиган жисм деб қабул қилганлар. Шунинг учун Ерға уланган ҳар қандай ўтказгич ҳам нейтрал бўлиб қолади.

Қўзғалувчан q мусбат заряд қўзғалмас Q мусбат заряднинг электр майдонида жойлашган, деб фараз қилайлик, Кулон қонунига кўра, бу зарядлар орасида ўзаро таъсир кучлари юзага келади (16-расм). Электр кучлари таъсирида қўзғалувчан заряд қўзғалмас Q заряддан узоқлашади ва Ер сиртига етиб келади.

Равшанки, q синаш зарядини Ер сиртига кўчиришда Q заряднинг электр майдони маълум иш бажаради.



16- расм.

Мусбат зарядни электр майдонининг маълум бир нуқтасидан Ерға кўчиришда электр кучлари бажарган ишнинг шу заряд катталигига нисбати билан ўлчанадиган катталик майдоннинг шу нуқтадаги потенциали деб аталади.

Агар A — иш, q — мусбат заряд, φ (грекча «фи» ҳарфи) — майдоннинг шу нуқтасидаги потенциали бўлса, таърифга мувофиқ.

$$\varphi = \frac{A}{q}.$$

Бу формулада $q = +1$ деб фараз қилсак, $\varphi = A$ бўлиши келиб чиқади. Бу тенгликдан электр майдонининг маълум бир нуқтасидаги потенциали сон жиҳатидан электр кучларининг бирлик мусбат зарядни шу нуқтадан Ерға кўчиришда бажарган ишига тенг эканлиги келиб чиқади.

Потенциал скаляр катталикдир.

Потенциал таърифидан биз Ернинг потенциалини нолга тенг деб олишимиз кераклиги келиб чиқади.

Ер сиртини потенциали нолга тенг бўлган сирт деб олиш амалий жиҳатдан қулайдир.

Назарий тадқиқотларда эса чексиз узоқлашган нуқтадаги потенциални нолга тенг деб олиш қулай бўлади. Бунга мувофиқ потенциалнинг қуйидаги таърифини берамиз.

Майдоннинг бирор нуқтасидаги потенциали деб электр кучларининг мусбат зарядни шу нуқтадан чексизликка кўчиришда бажарган ишининг шу заряд катталигига нисбати билан аниқланадиган катталикка айтилади.

Агар майдон диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ бўлган диэлектрик ичида q_1 нуқтавий заряд томонидан ҳосил қилинган бўлса, у ҳолда майдоннинг q_1 заряддан r масофада жойлашган ҳар қандай нуқтасидаги потенциали СГС системасида қуйидаги формула билан ҳисобланишини математик жиҳатдан исбот қилиш мумкин:

$$\varphi = \frac{q_1}{\epsilon r}.$$

СИ системасида майдоннинг потенциали

$$\varphi = \frac{q_1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r}$$

формула билан ҳисобланади, бу ерда

$$\epsilon_0 = \frac{1 \text{ Кл}^2}{36\pi \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2} = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \frac{\text{Кл}}{\text{В} \cdot \text{м}}$$

q заряди бўлган r радиусли шарсимон ўтказгичнинг сиртидаги потенциални ҳам худди мана шу формулалар билан топиш мумкин.

15-§.

Потенциаллар фарқи. Потенциаллар фарқининг ўлчов бирликлари

Электр майдонининг B нуқтасидаги потенциали φ_1 га, C нуқтасидаги потенциали эса φ_2 га тенг бўлсин. $\varphi_1 = A_1/q$ ва $\varphi_2 = A_2/q$ эканлигини билган ҳолда майдоннинг икки нуқтасидаги потенциаллари фарқини топиш мумкин:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_1}{q} - \frac{A_2}{q} \quad \text{ёки} \quad \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_1 - A_2}{q} = \frac{A}{q}.$$

Потенциаллар фарқини кучланиш деб аталади ва U билан белгиланади.

Электр майдонининг икки нуқтаси потенциалларининг фарқи электр кучларининг мусбат зарядни майдоннинг бир нуқтасидан иккинчи нуқтасига кучиришда бажарган ишининг шу заряд катталигига нисбатига тенг.

Агар $q = +1$ бўлса, у ҳолда $\varphi_1 - \varphi_2 = A$. Бу формуладан электр майдонининг икки нуқтаси потенциаллари фарқини сон жиҳатидан мусбат заряд бирлигини майдоннинг бир нуқтасидан иккинчи нуқтасига кучиришда бажарган ишига тенг эканлиги келиб чиқади.

Агар $\varphi_1 - \varphi_2 = A/q$ формулада $A = 1$ иш бирлигига, $q = 1$ заряд бирлигига тенг деб олинса, у ҳолда $\varphi_1 - \varphi_2 = 1$ потенциаллар фарқи бирлиги бўлади.

СИ системасида иш бирлиги 1 жоуль (Ж), заряд бирлиги 1 кулон (Кл), шунинг учун потенциаллар фарқи бирлиги

$$1 \text{ Ж} / 1 \text{ Кл} = 1 \text{ вольт} = 1 \text{ В. Вольт майдоннинг шундай икки}$$

нуқтасининг потенциаллари фарқига тенги, бунда 1 Кл зарядни кучириш иши 1 Ж га тенг. СГС системасида иш бирлиги 1 эрг, заряд бирлиги 1 СГС_q бирлик, шунинг учун потенциаллар фарқи бирлиги 1 эрг/1 СГС_q бирл. бўлади (потенциаллар фарқининг бу бирлигининг махсус номи йўқ: уни 1 СГС_φ бирл. деб белгилаймиз).

СГС системасида потенциаллар фарқи бирлиги учун майдоннинг шундай икки нуқтаси потенциаллари фарқи олинадики, бунда 1 СГС_q бирл. зарядни кучириш иши бир эрга тенг бўлади.

Потенциаллар фарқининг СИ ва СГС системаларидаги бирликлари орасидаги муносабатни топамиз:

$$1 \text{ В} = \frac{1 \text{ Ж}}{1 \text{ Кл}} = \frac{10^7 \text{ эрг}}{3 \cdot 10^9 \text{ СГС}_q \text{ бирл.}} = \frac{1}{300} \text{ СГС}_\varphi \text{ бирл.}$$

Шундай қилиб, 1 СГС_φ бирлик 1 В дан 300 марта йирикдир.

7-масала. Майдоннинг потенциали 0,2 СГС_φ бирликка тенг бўлган нуқтасидан потенциали 10 В бўлган нуқтасига 600 СГС_q бирлик зарядни кучиришда қандай иш бажариш керак?

Берилган:

$$\varphi_1 = 300 \cdot 0,2 \text{ В} = 60 \text{ В}; \quad \varphi_2 = 10 \text{ В}; \quad q = \frac{6 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^9} \text{ Кл} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл.}$$

А — ?

Ечишлиши

1. Ишни қўйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2).$$

2. Ишни ҳисоблаймиз:

$$A = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл} \cdot (60\text{В} - 10\text{В}) = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл} \cdot 50 \text{ В} = \\ = 10^{-5} \text{ Кл} \cdot \text{В} = 10^{-5} \text{ Ж}.$$

8-масала. Радиуси 0,2 м ва заряди 10^{-8} Кл бўлган шар керосинда турганда потенциали нимага тенг бўлишини аниқлаиғ. Берилган:

$$r = 0,2 \text{ м}; q = 10^{-8} \text{ Кл}; \quad \epsilon_0 = \frac{1}{36 \pi \cdot 10^9} \frac{\text{Кл}}{\text{В} \cdot \text{м}}; \quad \epsilon = 2.$$

φ — ?

Ечишлиши

1. Шар потенциални $\varphi = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r}$ формуладан аниқлаймиз.

2. Потенциални ҳисоблаймиз:

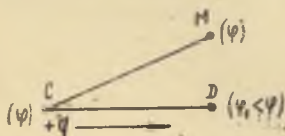
$$\varphi = \frac{10^{-8} \text{ Кл}}{4\pi \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \frac{\text{Кл}}{\text{В} \cdot \text{м}} \cdot 2 \cdot 0,2 \text{ м}} = \frac{10^{-8} \text{ Кл} \cdot 9 \cdot 10^9 \text{ В} \cdot \text{м}}{0,4 \text{ Кл} \cdot \text{м}} = \\ = 2,25 \cdot 10^2 \text{ В} = 225 \text{ В}.$$

16-§.

Электр майдонида зарядларнинг кўчиш шартлари

Электр майдонининг C нуқтасига $+q$ заряд жойлаштира-
рамыз.

C нуқтани потенциали униқидан кичикроқ бўлган D нуқтага ўтказгич билан бирлаштирамиз, у ҳолда $+q$ зағьял D нуқтага кўчади (17-расм). Агар C нуқтани потенциал худди C нуқтадагидек бўлган M нуқта билан бирлаш-
сак, $+q$ заряд кўчмайди. Мусбат ва манфий зарядлар



17- расм.

лан қилинган шунга ўхшаш таж-
рибалардан олимлар бундай ху-
лосага келдилар: агар потенци-
аллар фарқи нолга тенг бўл-
маса, электр зарядлари электр
кучлари таъсирида майдоннинг
бир нуқтасидан иккинчи нуқ-

тасига кўчади; мусбат зарядлар катта потенциалли
...тадан кичик потенциалли нуқтага, манфий зарядлар
аксинча кўчади.

17- §.

Электрометр

Потенциаллар айирмасини ўлчашга мўлжалланган асбоб
«электрометр» деб аталади.

1752—1753 йиллардаёқ М. В. Ломоносов ва Г. В. Рих-
ман атмосферадаги электрни ўрганишда «электр кўрсаткич-
дан» фойдаланишган эди, бу электр кўрсаткич металл стер-
жень, унга осилган каноп ип ва шкаладан иборат бўлган.

Электрометрнинг тузилиши 18-расмда
кўрсатилган. У икки томонига шиша
ўрнатилган металл ғилофдан иборат.
Юқориги қопқоқдаги эбонит тиқин орқа-
ли металл стержень киритилган. Стер-
женьга енгил алюминий япроқча ёки ки-
чик стрелка осилган.

Ўлчаш вақтида металл ғилоф Ерга
улаб қўйилади. Шундай қилинса, элект-
рометр ғилофининг потенциали ҳам нол-
га тенг бўлади, чунки Ернинг потенциали
«чартли равишда нолга тенг» деб олинган.

Агар электрометрнинг стержени по-
тенсиали ф бўлган зарядли жисмга улан-
са, стержень ҳам ўша потенциални
қабул қилади. Ерга уланган ғилоф билан стержень ораси-
да электр майдони юзага келади, бу майдон таъсирида алю-
миний япроқча (ёки стрелка) бирор бурчакка оғади. Стер-
жень билан корпус орасидаги потенциаллар айирмаси қанча
катта бўлса, электрометрдаги майдон шунча кучли бўлади
ва япроқча шунча катта бурчакка оғади.

Потенциаллар айирмасини вольт ҳисобида ўлчаш учун
электрометрнинг эталонлар ёрдамида даражалаш керак (по-
тенциаллари маълум бўлган эталон сифатида махсус бата-
реялар ишлатилади).



18- расм.

Электр майдонининг зарядни кўчиришда бажарадиган иши

Ернинг тортиш майдонида бажарилган ишни ўрганишда биз m массали жисмни бир нуқтадан иккинчи нуқтага H баландликка кўчиришда бажарилган иш mgH га тенг эканини кўрган эдик. Бу иш жисмнинг потенциал энергияси ертишининг ўлчови бўлади ва жисмнинг юқориги нуқтага боришдаги траекториясининг шаклига ҳам, узунлигига ҳам боғлиқ бўлмайди. Бу жисм аввалги нуқтага қайтганда потенциал энергиянинг ортиши сарф қилинади ва бунда ҳам траекториянинг шакли ва узунлигига боғлиқ бўлмайди. Бошланғич вазиятига қайтиб келган жисмнинг потенциал энергияси энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунига мувофиқ бошланғич қийматига эга бўлиб қолади. Электр майдонида электр зарядини кўчиришда ҳам шунга ўхшаш ҳодиса юз беради.

Электр майдонининг энергетик характеристикаси—майдоннинг тайинли бир нуқтаси учун доимий қийматга эга бўлган потенциалдир.

Майдоннинг ихтиёрий 1 нуқтасида φ_1 потенциал катта, 2 нуқтасида φ_2 потенциал кичик бўлсин, деб фараз қилайлик. Электр майдони таъсирида q заряд биринчи нуқтадан иккинчи нуқтага кўчади ва бунда

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

иш бажарилади.

Бу ишнинг катталиги траекториянинг шакли ва узунлигига боғлиқ эмас ва ўзгармас катталиқ эканлигини энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонунига асосланиб исбот қилиш мумкин. Ҳақиқатан ҳам, q заряд биринчи нуқтада турганда майдоннинг потенциал энергияси W_1 га тенг, заряд иккинчи нуқтада турганда эса майдоннинг потенциал энергияси W_2 га тенг бўлади, шу билан бирга $W_1 > W_2$. Энергия йўқолмайди ва йўқдан бор бўлмайди, шунинг учун q заряднинг биринчи нуқтадан иккинчи нуқтага кўчишида траекториянинг шакли ва узунлиги қандай бўлишидан қатъи назар майдон

$$A = W_1 - W_2$$

иш бажаради.

Шундай қилиб, электр майдонининг зарядни майдонининг бир нуқтасидан бошқа нуқтасига кўчиришида бажарилган иши заряд ҳаракатланган йўлга боғлиқ эмас. Бу иш заряд билан унинг йўлидаги бошланғич ва охириги нуқталаридаги потенциаллари фарқи кўпайтмасига тенг бўлади. Бундан жуда муҳим натижа келиб чиқади: электр кучларининг зарядни берк эгри чизиқ бўйлаб дастлабки нуқтага кўчиришида бажарилган иши нолга тенг.

Ҳақиқатан ҳам, зарядни C нуқтадан D нуқтага CBD эгри чизиқ бўйлаб кўчиришида мусбат

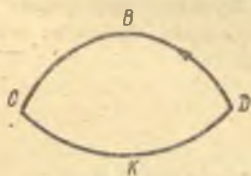
$$A_1 = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

иш бажарилса (19-расм), зарядни дастлабки нуқтага DKC эгри чизиқ бўйлаб кўчиришида худди шундай

$$A_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1)$$

манфий иш бажарилади. Зарядни берк эгри чизиқ бўйлаб кўчиришида бажарилган бутун иш нолга тенг бўлади, ҳисоблаб кўриб бунга осон ишонч ҳосил қилиш мумкин:

$$A = A_1 + A_2 = q(\varphi_1 - \varphi_2) + q(\varphi_2 - \varphi_1) = q\varphi_1 - q\varphi_2 + q\varphi_2 - q\varphi_1 = 0.$$



19- расм.



20- расм.

19- §.

Потенциаллар фарқи билан майдон кучланганлиги орасидаги боғланиш

Электр майдонининг ҳар бир нуқтасини ёки кучланганлик билан, ёки потенциал билан характерлаш мумкин эканлигини бундан олдинги параграфларда кўриб ўтдик. Улар орасида бирор аниқ боғланиш бўлиши равшан.

Бир-биридан d масофада жойлашган икки пластинка орасидаги бир жинсли электр майдонини кўриб ўтайлик (20-расм), унинг кучланганлиги E бўлсин.

Агар пластинкалар орасидаги потенциаллар фарқи $\varphi_1 - \varphi_2$ бўлса, q мусбат зарядни бир пластинкадан иккинчи пластинкага кўчиришда майдоннинг бажарган иши қуйидагига тенг бўлади:

$$A = Fd = Eqd.$$

Иккинчи томондан, худди шу ишни

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

формула билан ифодалаш мумкин. Бу икки тенгликни солиштириб, шундай тенглик оламир:

$$Eqd = q(\varphi_1 - \varphi_2),$$

Сундан

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}.$$

Бир жинсли майдоннинг кучланганлиги сон жиҳатидан потенциалнинг куч чизиғи узунлик бирлигига тўғри келган ўзгаришига тенг. Бундан электр майдоннинг кучланганлигини СИ системасида метрга вольт (В/м) деб аталадиган бирликлар билан улчаш мумкин эканлиги кўриниб турбди. Ҳақиқатан ҳам, охириги формуладан

$$[E] = \frac{1 \text{ В}}{1 \text{ м}} = 1 \text{ В/м}$$

эканлиги келиб чиқади.

$$1 \text{ В/м} = 1 \text{ Н/Кл эканлигини билиб қуйинг (қ. 11-§).}$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Майдоннинг маълум бир нуқтасидаги потенциали деб нимага айтилади?
2. Потенциал скалярми ёки векторми?
3. Қандай жисмнинг потенциали шартли равишда нолга тенг деб олинган?
4. Электр майдонининг икки нуқтасидаги потенциаллари фарқи деб нимага айтилади?
5. Кучланиш деб нимага айтилади?
6. Кучланиш СИ ва СГС системаларида қандай бирлик билан улчанади? Бу бирликлар орасида қандай муносабат бор?
7. Электрметр қандай тузилган ва у нима мақсадда қўлланилади?
8. Электр майдонида электр зарядлари қандай шароитда кўчади?
9. Электр майдонининг зарядни кўчиришда бажарган иши йўлнинг шаклига боғлиқ бўладими? Буни қандай исбот қилиш мумкин?
10. Электр майдонининг бирор нуқтасида потенциал 10 СГС φ бирликка тенг. Бу нима дегани?

11. Электр майдонининг икки нуқтаси орасидаги кучланиш 10 В га тенг. Бу нима дегани?

12. Электр майдонида зарядни кўчириш учун зарур бўлган ишнинг катталиги нимага боғлиқ?

13. Агар 400 СГС_q бирлик зарядни майдоннинг бир нуқтасидан иккинчи нуқтасига кўчириш учун 10^{-4} Ж иш бажариш керак бўлса, бу нуқталар орасидаги потенциаллар фарқи нимага тенг бўлишини аниқланг.

Жавоб: 750 В.

14. Зарядни электр майдонида кўчиришда 4 Ж иш бажарилди. Агар зарядни кўчиришда кучланиш 100 В бўлган бўлса, заряднинг катталиги нимага тенг эканлигини аниқланг.

Жавоб: 0,04 Кл.

20-§.

Электр майдонидаги утказгичлар

Шиша таёқчани электрлаб, уни электроскопга яқинлаштирсак, электроскопнинг япроқчалари бир-биридан узоқлашганини кўрамиз.

Бундан электроскопдаги электр зарядлари қайта тақсимланди деб хулоса қилиш мумкин.

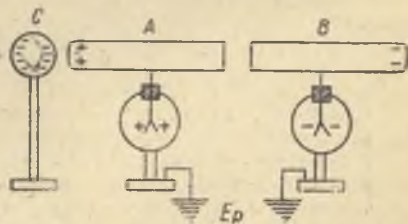
Электрланган жисм яқинида турган ҳар қандай утказгич электрланиши бунга ўхшаган тажрибалар асосида аниқланган.

Бундай ҳодиса электростатик индукция («индукция» сўзи ҳосил қиламан деган маънони билдирувчи латинча «индуко» сўзидан келиб чиққан) ёки таъсир орқали электрланиш дейилади.

Шарчалари ўрнига *A* ва *B* металл цилиндрлар қўйилган икки электроскоп оламиз.

Цилиндрларни бир-бирига теккунча яқинлаштириб, уларга электрланган жисмни яқин келтирамиз, у ҳолда электроскоп япроқчалари очилади.

Таъсир қилувчи *C* жисм тургани ҳолда цилиндрларни ажратамиз ва улардаги зарядларни текшириб, *A* цилиндрда бир тур (таъсир қилувчи жисмдаги зарядга нисбатан бошқа исмли), *B* цилиндрда эса бошқа тур (таъсир қилувчи жисмда-



21-расм.

ги заряд билан бир хил исмли) заряд бўлишига ишонч ҳосил қиламиз.

Таъсир қилувчи C жисмни бу ердан узоқлаштириб, цилиндрларни бирлаштирамиз, бунда электроскопнинг япроқчалари ёпилишини кўрамиз. Бунга қараб, турли исмли зарядлар тенг бўлган экан, деган хулосага келамиз.

Электроний назария нуқтаи-назаридан бу ҳодисани қуйидагича талқин қилиш мумкин. Таъсир қилувчи жисмнинг электр майдони таъсирида ўтказгичдаги эркин электронлар қайта тақсимланади. Баён қилинган тажрибада электронлар B цилиндрнинг учида тупланди, шунинг учун у манфий электрланди. A цилиндрда электрон етишмай қолди, бунинг натижасида бу цилиндр мусбат электрланди.

Таъсир қилувчи жисм четга олиб қўйилганда электронлар бутун ўтказгич бўйлаб тақсимланади ва бунда ўтказгичнинг нейтрал ҳолати тикланади.

Тажрибани такрорлаймиз ва цилиндрларни ажратмаган ҳолда уларга бармоғимизни теккизамиз. Бармоғимизни олиб, таъсир қилувчи жисмни узоқлаштирамиз ва цилиндрларни ажратамиз. Улар электрланган бўлади.

Уларнинг ҳар биридаги зарядни ўрганиб, ҳар бир цилиндрнинг мусбат зарядланганини, яъни таъсир қилувчи жисмдаги зарядга нисбатан бошқа исмли заряд билан электрланганини кўрамиз.

Қандай қилиб шундай бўлди?

Таъсир қилувчи жисм бўлганида цилиндрларга бармоғимизни теккизганимизда, зарядларнинг ўзаро таъсир қонунига мувофиқ, манфий заряд бизнинг танамиз орқали, худди ўтказгичдан ўтгандек, Ерга ўтиб кетди, яъни «электронлар Ерга ўтиб кетди». Мусбат заряд (яъни таъсир қилувчи жисм зарядига нисбатан қарама-қарши бўлган заряд) боғланган ҳолда ушланиб турди, чунки турли ишорали электр зарядлари ўзаро тортишиб туради. Бармоғимизни олиб, таъсир қилувчи жисмни узоқлаштирганимизда иккала цилиндрда ҳам электронлар етишмас эди, шунинг учун улар бири-бирдан ажратилгандан кейин ҳам мусбат электрланган бўлиб қолди. Цилиндрлар таъсир қилувчи жисмнинг зарядига нисбатан бошқа ишорали заряд билан электрланди.

Шундай қилиб, *ўтказгич яқинида электрланган жисм бўлгани учун ўтказгичда электронлар тақсимоти ўзгаради, бунда ўтказгичнинг узоқдаги қисми таъсир қилувчи жисм билан бир исмли, яқиндаги қисми эса таъсир қилувчи жисм зарядига нисбатан бошқа исмли заряд билан*

зарядланади ва ўтказгичнинг яқин қисмидаги зарядни таъсир қилувчи жисмнинг заряди боғланган ҳолда ушлаб туради.

Электр индукцияси ҳодисасини XVIII асрда рус олими Ф. У. Эпинус (1724 — 1802) ўрганди. 22-расмда кучланганлиги чапдан ўнгга қараб йўналган бир жинсли электр майдонига жойлаштирилган ўтказгич тасвирланган. Электростатик индукция натижасида ўтказгич электрланади. Ўтказгичнинг учларида жойлашган зарядлар унинг ичида ўзининг электр майдонини юзага келтиради, бу электр майдоннинг кучланганлиги ташқи майдон кучланганлигига қарши йўналган (ички майдоннинг куч чизиқлари пунктир билан кўрсатилган).



22- расм.

Зарядларнинг ўтказгичда қайта тақсимланиши секунднинг жуда кичик улушлари давомида тўхтади ва зарядлар мувозанатга келади (улар қўзғалмас бўлиб қолади).

Бу ҳодисанинг сабаби шуки, ташқи майдоннинг кучланганлиги ва ички майдоннинг кучланганлиги ўтказгич ичида тенг ва қарама-қарши йўналади, ўтказгич ичидаги умумий кучланганлик эса нолга тенг бўлади.

Шундай қилиб, *электр майдонига жойлашган ўтказгичда зарядлар мувозанатда бўлганда ўтказгичдан ташқарида кучланганлик қандай бўлишига қарамай, ўтказгич ичидаги кучланганлик нолга тенг бўлади, яъни ўтказгич ичида майдон бўлмайди.*

21- §.

Изоляцияланган ўтказгичда зарядларнинг тақсимланиши

Шакли турлича бўлган бир неча ўтказгич оламиз ва уларнинг сиртига папирос қоғозидан япроқчалар ёпиштириб, энг содда электроскоплар ҳосил қиламиз. Сўнгра ўтказгичларни изоляциялаймиз ва уларни электрлаймиз. Биз қоғоз япроқчаларнинг ясси ва қавариқ ташқи сиртлардагина оғишаётганини, ички сиртларда эса мутлақо оғишмаётганини кўрамиз. Электр зарядлари ўтказгичнинг фақат ташқи сиртларидагина жойлашишини биринчи бўлиб Кавендиш исбот қилиб берган эди. У жездан ясалган изоляцияланган

шарни электрлади ва унга иккита ковак металл яримшарни изоляцияланган дастасидан ушлаб туриб кийгизди. Яримшарларни олиб, ички шарнинг зарядсизланганини ва яримшарларнинг зарядланиб қолганини кўрди (23-расм).



23- расм.

Кейинроқ Фарадей шу тажрибани устига фольга қопланган ёғоч куб билан қилиб кўрди; бу кубнинг қирраси 4 м эди.

Тажриба вақтида Фарадейнинг ўзи қўлига сезгир электроскоплар олиб куб ичига кириб турди ва кубнинг ичида электр зарядларининг мутлақо йўқлигини аниқлади, ҳолбуки кубнинг

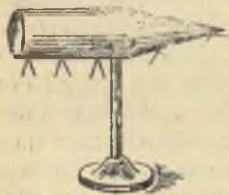
деворлари шу даражада кучли электрланган эдики, деворларнинг ташқи сиртига яқинлашганда улардан жуда катта учкунлар чиқар эди.

Шундай қилиб, текис ёки қавариқ ўтказгичда электр зарядлари унинг фақат ташқи сиртида бўлиши, бироқ жисмнинг ичида ҳам, ботиқ сиртида ҳам бўлмаслиги турлитуман тажрибалар асосида аниқланди.

Бу ҳодисанинг сабаби шундаки, бир исмли зарядларнинг ўзаро таъсири қонунига мувофиқ, ҳар бир элементар зарядга бошқа зарядлар томонидан таъсир қилаётган электр кучлари бир-бирини мувозанатламагунча ўтказгичда бир исмли зарядлар кўчаверади. Бироқ ўтказгичнинг ташқи сирти ҳамма вақт ички сиртидан узок, шунинг учун зарядлар ташқи сиртда жойлашади. Шундай қилиб, зарядланган ковак ўтказгич ичида электр майдонининг бўлмаслиги аниқланди.

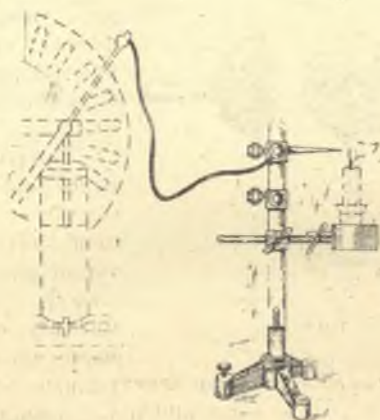
Бу ҳодиса жисмни ковак ўтказгич билан ўраш йўли билан уни ташқи электр майдони таъсиридан ҳимоя қилишда қўлланилади.

Сиртнинг эгрилиги қанча катта бўлса, зарядлар шунча зич жойлашади (24-расм). Учлик жойларнинг эгрилиги жуда катта бўлади, шунинг учун ўткир учларда зарядлар зичлиги айниқса катта бўлади.



24- расм.

Агар зарядланган ўтказгичнинг ўткир учига ёниб турган шам яқин келтирилса, унинг алангаси бир томонга оғади (25-расм). Зарядлар учдан «электр шамоли» ҳосил қилиб «оққандек» бўлади. Чунки ўткир уч яқинидаги кучли электр майдонида ҳавода ионлар ҳосил бўлади.



25- расм.

22- §.

Электр майдонидаги диэлектриклар

Агар электрланган жисмни диэлектрикка яқин келтирсак, диэлектрик ҳам индукция йўли билан электрланади, бироқ диэлектрикни икки бўлакка бўлиш йўли билан бир зарядни бошқасидан ажратиб бўлмайди. Чунки диэлектрикларда эркин электронлар бўлмайди ҳисоб. Диэлектрикнинг электронлари атомларнинг мусбат ядролари билан ҳамбарчас боғлангандир.

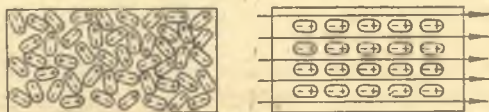
Агар диэлектрикни электр майдонига жойлаштирсак, атомларда зарядлар бир-бирига нисбатан кучади. Ҳар бир бундай атом диполь бўлиб қолади. Молекулалар тўғрисида ҳам шундай дейиш мумкин, уларни ҳам диполь деб қараш мумкин.

Ташқи электр майдони бўлмаганда ҳам баъзи диэлектрикларда диполлар бўлади, бироқ улар тартибсиз жойлашган (26-а расм). Агар диэлектрик электр майдонида турган бўлса, диполлар шундай буриладики, бунда уларнинг мусбат зарядлари майдон куч чизиқлари йўналишида, манфий зарядлари эса майдон куч чизиқларига тескари йўналишда

жойлашади. Бундай диэлектрик қутбланган диэлектрик дейилади (26-б расм).

Диэлектрикларнинг қутбланиш ҳодисасини Ф. У. Эпинус ўрганган эди.

Диэлектрикнинг қутбланиши туфайли унда боғланган зарядлар ҳосил бўлади ва кучланганлиги ташқи майдонга



26- расм.

қарши йўналган ички электр майдони ҳосил булади. Диэлектрик ичида майдоннинг умумий кучланганлиги камаяди. Диэлектрик билан ўтказгичлар орасидаги чегарада пайдо бўлган боғланган зарядлар ўтказгичлардаги зарядларнинг бир қисмини нейтраллайди, шунинг учун ўтказгичлардаги зарядларнинг ўзаро таъсир кучи камаяди, шундай бўлиши Кулон қонунидан ҳам маълум.

Агар майдоннинг вакуумдаги кучланганлиги E_0 га, майдоннинг маълум бир диэлектрикдаги кучланганлиги E га тенг бўлса, E_0/E нисбатнинг катталиги диэлектрикнинг қутбланувчанлигини, яъни диэлектрик моддасининг абсолют диэлектрик сингдирувчанлиги (ϵ_a) ни характерлайди, бинобарин,

$$\epsilon_a = \frac{E_0}{E},$$

яъни диэлектрикнинг абсолют диэлектрик сингдирувчанлиги бирор зарядлар майдонининг вакуумдаги кучланганлиги шу диэлектрикдаги кучланганлигидан неча марта катта эканлигини кўрсатадиган катталиқдир.

23- §.

Ўтказгичнинг электр сигими

Электрометр олиб, уни бошқа ўтказгичлардан яккалаймиз ва унга кетма-кет бир хил миқдорда электр берамиз.

Буни шундай қиламиз: электрофор машинадан зарядлар олиб, унинг кондукторига металлдан ясалган синаш шарчаси ни изоляцияланган дастасидан ушлаб туриб тегизамиз, сўнгра

эса зарядни стерженига ковак шар ўрнатилган электро-
метрга ўтказамиз.

Зарядни электрометрга кетма-кет узатиб ва зарядни
икки, уч ва ҳоказо марта орттириб, электрометрнинг потен-
циали ҳам шунга мос ҳолда шунча марта ортишини сеза-
миз.

Бу факт заряд ўзгариши билан яккаланган ўтказгичнинг
потенциали ҳам ўзгаришини, бироқ заряд катталигининг
ўтказгич потенциалига нисбати ўзгармай қолишини кўра-
тади.

Шундай тажрибалар *асосида яккаланган ўтказгич за-
рядининг потенциалига нисбати ўзгармас катталикдир,*
деган хулосага келинди.

Бу катталик ўтказгичнинг электр сифими дейилади.

Агар ўтказгичнинг зарядини q билан, унинг Ерга нис-
батан потенциалини φ билан, электр сифимини C билан
белгиласак, у ҳолда

$$C = \frac{q}{\varphi}.$$

Шундай қилиб, *ўтказгич зарядининг унинг потенциа-
лига нисбати билан ўлчанадиган катталик ўтказгичнинг
электр сифими дейилади.*

Агар шакли бир хил, бироқ катталиги турлича бўлган
бир неча изоляцияланган ўтказгичлар, масалан, шарлар ол-
сак ва улардан ҳар бирига бир хил q электр миқдори бер-
сак, уларнинг потенциалли турлича бўлади.

Буни шарларга ёпиштирилган папирос қоғози япроқча-
ларининг турлича оғишига қараб сезиш мумкин.

Энг кичик шарнинг потенциалли энг катта бўлади, энг
катта шарнинг потенциалли эса энг кичик бўлади.

Электр сифимининг формуласига қараб ўтказгичларнинг
заряди бир хил бўлганда қайси ўтказгичнинг потенци-
али кам бўлса, ўша ўтказгичнинг электр сифими катта бў-
лади, деб хулоса қилиш мумкин. Бинобарин, бизнинг мисо-
лимизда энг катта шарнинг электр сифими энг катта бў-
лади.

Барча ўтказгичларда бир хил потенциал ҳосил қилиш
учун уларнинг ҳар бирини *тегишлича электр миқдори* бил-
лан зарядлаш зарур.

Биз ўтказгичнинг потенциаллини нолдан биргача ўзгар-

тирдик, деб фараз қилайлик. Электр сиғими формуласига $\Phi = 1$ ни қўйиб,

$$C = \frac{q}{1} \text{ ёки } C = q$$

муносабатни топамиз.

Бунга қараб ўтказгичнинг электр сиғими сон жиҳатидан ўтказгич потенциални бир бирликка ўзгартирувчи зарядга тенг катталиқдир, деб айта оламиз.

Тажрибалар ўлчами бир хил бўлган яхлит ва ковак ўтказгичларнинг электр сиғими бир хил бўлишини кўрсатади; шакли ва ўлчамлари бир хил, лекин турли моддалардан қилинган ўтказгичларнинг электр сиғими бир хил бўлади; шакли ва ўлчамлари турлича бўлган ўтказгичларнинг электр сиғими турлича бўлади. Ўтказгичнинг электр сиғими ўтказгичнинг ўзи турган диэлектрик муҳити сифатига ҳам боғлиқ бўлади.

24- §.

Электр сиғими бирликлари

Бирининг радиуси бошқаларининг радиусидан тобора катта бўладиган шарлар олиб, уларни бир хил q зарядлар билан электрласак, у ҳолда потенциаллар шарларнинг радиусига тескари пропорционал бўлади:

$$\Phi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r},$$

бу ерда r — шарнинг радиуси.

Потенциалнинг бу ифодасини $C = q/\Phi$ формулага қўямиз:

$$C = \frac{q \cdot 4\pi\epsilon_0\epsilon r}{q} = 4\pi\epsilon_0\epsilon r;$$

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r.$$

Бундан кўриниб турибдики, яққаланган шарнинг электр сиғими радиусига тўғри пропорционал ва ўзи турган муҳитга боғлиқ бўлади.

СИ системасида электр сиғими бирлиги сифатида фарада (Φ) қабул қилинади.

Фарада деб шундай ўтказгичнинг электр сиғимига айтиладики, бундай ўтказгичда 1 Кл заряд потенциални 1 В оширади:

$$1 \Phi = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ В}}$$

Электр сифимининг бу бирлиги жуда йирик, шунинг учун амалда каррала бирликлар: микрофарадалар (мкФ) ва пикофарадалар (пФ) қўлланилади. Бу бирликлар орасидаги муносабатлар қуйидагича:

$$1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}; \quad 1 \text{ пФ} = 10^{-6} \text{ мкФ} = 10^{-12} \text{ Ф}.$$

Радиуси 9 км бўлган ҳаводаги шарнинг электр сифими 10^{-6} Ф бўлган булур эди. Ер шарининг радиуси тахминан 6400 км, шунинг учун унинг электр сифими 711 мкФ.

СГС системасида электр сифими СГС_С бирликларида ўлчанади.

Электр сифимининг электростатик бирлиги (СГС_С бирл.) сифатида шундай ўтказгичнинг сифими олинадики, унда бир электростатик бирликка тенг заряд ўтказгич потенциалини потенциалнинг бир электростатик бирлигига ўзгартиради:

$$1 \text{ СГС}_С \text{ бирл.} = \frac{1 \text{ СГС}_q \text{ бирл.}}{1 \text{ СГС}_\psi \text{ бирл.}}$$

Вакуумда ёки ҳавода турган 1 см радиусли металл шарчанинг электр сифими ана шундай бўлади, чунки вакуум ва ҳавонинг диэлектрик сингдирувчанликлари деярли тенг.

Фарада билан СГС_С бирлик орасидаги муносабат қуйидагича:

$$1 \text{ Ф} = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ В}} = \frac{3 \cdot 10^9 \text{ СГС}_q \text{ бирл.}}{\frac{1}{300} \text{ СГС}_\psi \text{ бирл.}} = 9 \cdot 10^{11} \text{ СГС}_С \text{ бирл.}$$

9-масала. Электр сифими 5 СГС_С бирл. бўлган ўтказгичга $2 \cdot 10^{-10}$ Кл заряд берилган бўлса, ўтказгич қандай потенциалга зарядланади? Берилган:

$$\frac{q = 2 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}; \quad C = 5 \text{ СГС}_С \text{ бирл.}}{\varphi = ?} = \frac{5\Phi}{9 \cdot 10^{11}}$$

Ечишлиши

1. Ўтказгич потенциалини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$C = \frac{q}{\varphi}, \quad \text{бундан } \varphi = \frac{q}{C}.$$

2. Потенциални ҳисоблаймиз:

$$\varphi = \frac{2 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}}{5\Phi} = \frac{2 \cdot 10^{-10} \cdot 9 \cdot 10^{11}}{5} \text{ В} = 36 \text{ В}.$$

25- §.

Конденсатор. Ясси конденсатор сизимининг формуласи.

Зарядланган конденсатор энергияси

Ўтказгичнинг электр сизими турли физик факторлар таъсирида ўзгариши мумкин.

Тайинли бир ўтказгичнинг электр сизими ўзгаришига таъсир қилиши мумкин бўлган факторларни аниқловчи қатор тажрибаларни кўриб чиқайлик.

1. Пластинка кўринишида изоляцияланган ўтказгич олсиз ва уни атрофида бошқа ўтказгичлар бўлмайдиган жойга қўямиз. Ўтказгичга папирос қоғозидан қилинган енгил япроқча ёпиштириб, ўтказгични q заряд билан ϕ потенциалгача зарядлаймиз. Бу ҳолда ўтказгичнинг электр сизими қуйидагича бўлади:

$$C = \frac{q}{\phi}.$$

2. Зарядланган бу ўтказгичга зарядланмаган бошқа ўтказгични яқинлаштирамиз ва бунда биринчи ўтказгичдаги қоғоз япроқчанинг бирмунча ёпилганини сезамиз, бинобарин, зарядланган ўтказгичнинг потенциали камайди. Иккинчи ўтказгични узоқлаштириб, биринчи ўтказгичнинг потенциали дастлабки қийматини олганига ишонч ҳосил қиламиз. Бундан биз биринчи ўтказгичдаги заряд ўзгармасдан қолди, деган хулосага келамиз.

Агар заряд ўзгаришсиз қолган бўлиб, тажриба вақтида потенциал камайган бўлса, у ҳолда $C = q/\phi$ формулага биноан биринчи ўтказгичнинг сизими ортган бўлади: ўтказгичнинг электр сизими унга зарядсиз бошқа ўтказгич яқинлаштирилганда ортади.

Бунинг сабаби қуйидагича. Иккинчи ўтказгич ҳам электростатик индукция қонунига мувофиқ зарядланади ва биринчи ўтказгичдаги зарядлар қисман иккинчи ўтказгичдаги бошқа исмли зарядлар билан боғланади. Бунинг натижасида биринчи ўтказгичнинг потенциали камайди, электр сизими эса ортади.

3. Иккинчи ўтказгични Ерга улаймиз, бунда биринчи ўтказгичнинг потенциали яна ҳам камайди, электр сизими ортади. Иккинчи ўтказгични узоқлаштириб, биз биринчи ўтказгичнинг потенциали дастлабки қийматини қабул қилганини кўрамиз, бинобарин, унинг заряди ўзгаришсиз қо-

ди; иккинчи ўтказгичнинг Ерга уланиши биринчи ўтказгичнинг электр сизимини орттиради. Буни шундай изоҳлаш мумкин. Иккинчи ўтказгичнинг мусбат зарядлари Ердан келаётган электронларнинг манфий зарядлари билан нейтраллашади, шунинг учун биринчи ўтказгич билан иккинчи ўтказгич зарядлари орасидаги боғланиш кучаяди. Бунда биринчи ўтказгичнинг потенциали камаяди, электр сизими эса ортади.

4. Ўтказгичлар орасига қаттиқ диэлектрик (шиша, слюда ва шунга ўхшашлар) қўямиз. Бунда биринчи ўтказгичнинг потенциали яна ҳам камаяди (деярли нолга тенглашади), иккинчи ўтказгич ва диэлектрикни узоқлаштирганимизда эса биринчи ўтказгичнинг потенциали дастлабки қийматига тенглашади. Демак, бу ҳолда ҳам заряд ўзгаришсиз қолди. Бу ҳолда потенциалнинг камайиши электр сизимининг ортганини билдиради; *икки ўтказгич орасида қаттиқ диэлектрик бўлиши бу системанинг электр сизимини орттиради.*

Электр майдонига тушган қаттиқ диэлектрик қутбланади, шунинг учун диэлектрикнинг ўтказгичларга тегиб турган чегарасида жойлашган қутбланган атом ва молекулалари ўтказгичлардаги зарядлар билан ўзаро таъсир килишади ва улардаги зарядларнинг бир қисмини нейтраллайди, шу туфайли икки ўтказгичдаги зарядларнинг ўзаро таъсир кучи камаяди. Бу ҳол ўтказгичлар потенциалининг камайишига ва системанинг электр сизими ортишига сабаб бўлади.

5. Диэлектрикнинг қалинлигини камайтира бошлаймиз: масалан, учта шиша пластинкадан иборат диэлектрик ўрнига иккита шиша пластинкадан иборат диэлектрик, сўнгга эса бир шиша пластинкадан иборат диэлектрик қўямиз. Бунда биз потенциалнинг янада камайишини, бинобарин, электр сизимининг ортишини кўрамиз: *диэлектрик қалинлигининг камайиши ўтказгичлар системасининг электр сизимини оширади.*

Бунинг сабаби шуки, диэлектрик қалинлиги кам бўлганда пластинкалар орасидаги электр майдони бир жинсли бўлиб қолади ва диэлектрикдаги электр майдонининг кучланганлиги ҳамма жойда бирдай камаяди, бунинг оқибатида пластинкаларда потенциаллар фарқи анча камаяди ва системанинг электр сизими ортади.

6. Диэлектрик молдасини ўзгартирамиз. Бунда аввалги шартларнинг ҳаммасини ўзгартирмасдан диэлектрик синди-

рувчанлиги каттароқ бўлган диэлектрик олинса, системанинг потенциали камайиб, электр сиғими ортаётганини кўра-
 миз: *диэлектрикнинг диэлектрик сингдирувчанлиги ортада ўтказгичлар системасининг электр сиғими ортади.*

Бунга сабаб шуки, диэлектрик сингдирувчанлиги катта бўлган диэлектрикларда майдон кучланганлиги кам, шунинг учун потенциаллар айирмаси ҳам кам бўлади, бунинг натижасида ўтказгичлар системасининг электр сиғими ортади.

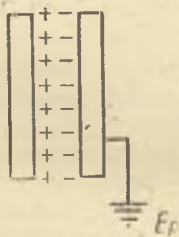
7. Икки пластинканинг бир-бирини тўсиш юзини ўзгартириб, бу юз ортганда системанинг потенциали камайиб, электр сиғими ортаётганини кўра-
 миз: *ўтказгичларнинг бир-бирини тўсиш юзи ошганда системанинг электр сиғими ошади.*

Потенциални дастлабки қийматига етказиш учун системанинг биринчи ўтказгичига жуда кўп миқдорда электр заряди бериш керак.

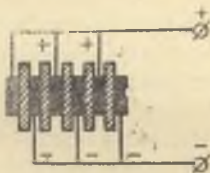
Орасига диэлектрик қўйилган икки ўтказгич зарядларни куюқлаштирувчи система — конденсатор ҳосил қилади.

Агар ўтказгичлар ясси бўлиб, параллел жойлашса, бу конденсатор ясси конденсатор деб аталади (27-расм).

Конденсаторнинг сиғимини катта қилиш учун жуда катта иккита пластинка олишга тўғри келган бўлур эди, бундай бўлини амалий жиҳатдан жуда ноқулай.



27- расм.



28- расм.

Бу ноқулайликни бартараф қилиш учун пластинкалар кичикроқ қилиб кўпроқ (керакли миқдорда) олинади ва 28-расмда кўрсатилгандек қилиб уланади. Бу ҳолда мусбат зарядланган катта пластинка ролини мусбат зарядланган ва ўзаро уланган барча майда пластинкалар; манфий зарядланган катта пластинка ролини эса манфий зарядланган ва ўзаро уланган барча майда пластинкалар бажаради.

Шундай белгилашлар киритамиз: C — электр сифими, S — пластинка бир томонининг юзи, ϵ_0 — вакуумнинг электр доимийси, ϵ — диэлектрикнинг нисбий диэлектрик сингдирувчанлиги, d — диэлектрикнинг қалинлиги, n — пластинкалар сони, $\pi = 3,14$ — доимий сон.

СГС системасида ясси конденсаторнинг электр сифимини

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi d}$$

формуладан ҳисоблаб топиш мумкин, n та пластинкаси бўлган конденсатор учун эса

$$C = \frac{\epsilon S(n-1)}{4\pi d}$$

СИ системасида конденсаторнинг электр сифими қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

n та пластинкаси бўлган конденсатор учун эса

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S(n-1)}{d},$$

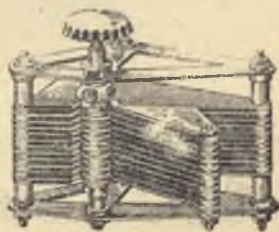
бу ерда

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \frac{\text{Кл}}{\text{В} \cdot \text{м}}.$$

Икки пластинкадан тузилган конденсаторнинг сифими унинг пластинкаси юзига, диэлектрик сингдирувчанлик катталигига тўғри пропорционал ва диэлектрикнинг қалинлигига тесқари пропорционал.

Техникада ишлатиладиган конденсатор орасига парафин қоғози, слюда, шиша ёки махсус керамик масса қўйилган станиоль (қалайи қоғози) пластинкаларидан тузилган бўлади. Радиотехникада ўзгарувчан сифимли конденсаторлар ҳам ишлатилади (29-расм), буларда диэлектрик ўрнида ҳаво, слюда олинади.

Бундай конденсаторда пластинкаларнинг бир системаси қўзғалмас, иккинчи системаси эса қўзғалувчандир. Пластинкаларнинг қўзғалувчан системасини



29-расм.

ўқ атрофида айлантириб, бир-бирига индуктив равишда боғланган сиртлар (ишчи сиртлар) юзи ўзгартирилади, бунинг натижасида сиғим ўзгаради.

Конденсаторларни биринчи бўлиб рус электротехниги П. Н. Яблочков махсус ёй лампаси схемасида қўллаган эди. Ҳақиқатда бу лампалар Яблочков «шаъми» номи билан машҳур эди. Рус олими А. С. Попов радио ихтиро қилгандан сўнг конденсаторлар янада кўп қўлланила бошланди.

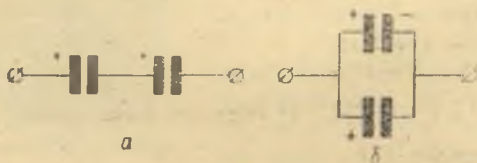
Ҳозирги вақтда конденсаторлар электротехника ва радиотехниканинг турли соҳаларида кенг қўлланилади.

Конденсаторнинг геометрик ўлчамларини кичиклигича сақлаган ҳолда унинг электр сиғимини ошириш учун диэлектрик доимийси катта бўлган диэлектриклардан фойдаланиш зарур. Совет олими Б. М. Вул диэлектрик доимийси слюданикидан 125 марта катта ($\epsilon = 1000$) бўлган махсус керамик диэлектрик (барий титанат) яратишга муваффақ бўлди. Бу нарса геометрик ўлчамлари кичик бўлган катта сиғимли конденсаторлар ясашга имкон берди.

Ўлчамлари кичик бўлгани ҳолда бир неча минг микрофарада сиғимга эга бўлган электролитик конденсаторлар кенг қўлланилмоқда. Бундай конденсаторларда алюминий қопламалардан (пластинкалардан) бирига жуда юпқа алюминий оксиди пардаси қопланган, шу парда диэлектрик бўлиб хизмат қилади. Бундай конденсаторнинг айрим секциялари спираль қилиб ўралган икки алюминий япроқчадан иборат бўлади, бу япроқчалар орасига электролитни яхши сингдирувчи ва сақлаб турувчи толали қоғоз қўйилган.

Кўпинча амалий мақсадлар учун конденсаторлар улашиб, улардан батареялар ҳосил қилинади. Конденсаторлардан батарея ҳосил қилиш учун уларни кетма-кет ва параллел улаш мумкин. 30-а расмда конденсаторларни кетма-кет улаш, 30-б расмда эса параллел улаш схемаси кўрсатилган.

Бир хил конденсаторларни кетма-кет улаганда батарея-



30-расм.

нинг сифими алоҳида конденсатор сифимининг конденсаторлар сонига бўлинганига тенг. Конденсаторларнинг сифими турлича бўлганда эса n та конденсатордан тузилган батареянинг сифими қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Параллел улаганда батареянинг сифими батареяга кирувчи айрим конденсаторлар сифимларининг йиғиндисига тенг, яъни

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Зарядланган ҳар қандай ўтказгич зарядлаш процессида оладиган энергияга эга бўлади. Разрядланиш вақтида ўтказгич шу энергияни беради. Конденсаторнинг энергияси конденсатор қопламаларида потенциаллар фарқи нолдан Φ гача ортганида бажарилган ишга тенг. Уни қуйидаги формуладан топиш мумкин: $W = q\varphi_{\text{ср}}$. Бироқ, $\varphi_{\text{ср}} = \frac{\Phi + 0}{2} = \frac{\Phi}{2}$. Шунинг учун $W = \frac{q\Phi}{2}$ ёки $q = C\Phi$ эканлигини назарга олиб, зарядланган конденсатор энергиясини

$$W = \frac{C\Phi^2}{2}$$

формула билан ифодалаш мумкин.

10-масала. Радиотехникада ишлатилмайдиган ясси конденсатор орасига суюда қўйилган юпка ставноль варақчаларидан тайёрланади. Агар $0,1$ мкФ сифим олиш учун ҳар бирининг юзи $31,4$ см² булган 41 варақ керак булган булса, суюда қатламнинг қалинлиги қандай бўлиши керак? Масалани СГС ва СИ системаларида ечинг.

1. Берилган (СГС системаси):

$$C = 0,1 \text{ мкФ} = 9 \cdot 10^5 \text{ СГС}_C \text{ бирл.} \cdot 0,1 = 9 \cdot 10^4 \text{ СГС}_C \text{ бирл.};$$

$$S = 31,4 \text{ см}^2; \quad \epsilon = 9; \quad n = 41.$$

$$d = ?$$

Ечилиши

1. Қуйидаги

$$C = \frac{\epsilon S (n - 1)}{4 \pi d}$$

формуладан $4 \pi d C = \epsilon S (n - 1)$ тенгликни ҳосил қиламиз, бундан

$$d = \frac{\epsilon S (n - 1)}{4 \pi C}$$

2. Катлам қалинлигини ҳисоблаймиз:

$$d = \frac{9 \cdot 31,4 \text{ см}^2 \cdot (41 - 1)}{4 \cdot 3,14 \cdot 9 \cdot 10^4 \text{ СГС}_C \text{ бирл.}} = 0,01 \text{ см.}$$

II. Берилган (СИ системаси):

$$C = 0,1 \text{ мкФ} = \frac{10^{-1}}{10^6} \text{ Ф} = 10^{-7} \text{ Ф};$$

$$S = 31,4 \text{ см}^2 = \frac{31,4}{10^4} \text{ м}^2 = \frac{3,14}{10^3} \text{ м}^2 = 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \frac{\text{Кл}}{\text{В} \cdot \text{м}} = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \text{ Ф/м};$$

$$\epsilon = 9$$

$$n = 41$$

$$d = ?$$

Ечилиши

1. Яна

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S(n-1)}{d}$$

формуладан сюда қатламининг d қалинлигини топамиз:

$$d = \frac{\epsilon_0 \epsilon S(n-1)}{C}$$

2. d ни ҳисоблаймиз:

$$d = \frac{1}{36 \cdot 3,14 \cdot 10^9 \cdot 10^{-7} \text{ Ф} \cdot \text{м}} \cdot 9 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 (41 - 1) = \\ = \frac{10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^7 \text{ м}}{10^9} = 10^{-4} \text{ м.}$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Электростатик индукция ҳодисаси нимадан иборат?
2. Электрланган тароққа тортилган қоғоз парчалари, сўнгра ундан ытарилади. Нима учун шундай бўлади?
3. Зарядланган электроскоп шарчасига (шарчага тегмасдан) зарядсиз ўтказгич яқин келтирилса, электроскоп япроқчалари ёпилади. Нимага шундай бўлади?
4. Зарядланмаган электроскоп шарчасига мусбаг зарядли шиша таёқча яқинлаштирилди. Таёқчани узоқлаштирмаган ҳолда шарчага бир он бармоқ тегизиб олинди. Шундан сўнг таёқча четга олиб қўйилди ва электроскоп манфий зарядланиб қолди. Ҳодисанинг сабабини тушунтириб бering.
5. Зарядланган ўтказгичда электр зарядлари қаерда жойлашади?
6. Нима учун электроскопнинг стержени учини ўткир қилмасдан, унга шар кийдирилади?
7. Нима учун электростатик тажрибаларда ишлатиладиган ўтказгичлар ковак қилинади?

8. Агар электроскоп турдан қилинган металл ғилоф ичига қўйилиб, электроскоп стержени турга уланса ва сўнгра тур электрланса, электроскоп япроқчалари очилмайди. Нимага шундай бўлади?

9. Тешиги бўлган ковак металл шар изоляцияловчи тагликда турибди. Изоляцияланган металл шарчадаги барча зарядни бу шарга қандай қилиб ўтказиш мумкин?

10. Диэлектрикнинг қутбланиш ҳодисаси нима?

11. Ўтказгичнинг электр сиғими деб нимага айтилади?

12. СГС ва СИ системаларида электр сиғими қандай бирликлар билан ўлчанади ва улар орасида қандай муносабатлар бор?

13. Ўтказгичнинг электр сиғими 5 СГС_С бирликка тенг. Бу нима дегани?

14. Маълум бир ўтказгичнинг электр сиғими қандай физик факторлар тўғрисида орттиши мумкин? Тушунтириб беринг.

15. Ясси конденсатор нима?

16. Ясси конденсаторнинг электр сиғими қандай формуладан аниқланади?

17. 5 мкФ сиғимни СГС_С бирликларида ифодаланг.

Ж а в о б и: $45 \cdot 10^5$ СГС_С бирлик.

18. Ўтказгични 1600 В потенциалгача зарядлаш учун унга $3 \cdot 10^5$ СГС_С бирлик заряд берилди. Ўтказгичнинг сиғимини фарада ҳисобида аниқланг.

Ж а в о б и: 10^{-7} Ф.

19. Сиғими 5 пФ бўлган шарнинг радиусини аниқланг.

Ж а в о б и: 4,5 см.

20. Сиғими 500 СГС_С бирлик бўлган конденсатор тайёрлаш керак. Бунда диэлектрик сифатида парафинланган қоғоз олинади. Агар ҳар бир пластинканинг юзи $1,57 \text{ см}^2$, диэлектрикнинг (қоғознинг) қалинлиги 0,02 см бўлса, неча пластинка олиш керак?

Кўрсатма. Конденсатор сиғими формуласидан $n - 1$ пластинкани топиб, сўнгра n пластинкалар сонини аниқланг.

Ж а в о б и: 45 пластинка.

ЎЗГАРМАС ЭЛЕКТР ТОКИ

26-§.

Электр токи ҳақида тушунча

Кундалик ҳаётимизда электр токи билан ҳамма таниш. Электр токи трамвай, троллейбус, электропоездларни ҳаракатга келтиради, уй ва кўчаларни ёритади, телефон, телеграф, радиони ишга туширади ва ҳоказо.

Электр токининг ўзи нима?

Бу саволга жавоб бериш учун шундай тажрибани кўрайлик. Иккита изоляцияланган ўтказгич олиб, уларни турли исмли тенг зарядлар билан электрлаймиз (31-а расм). Ўтказгичларни сим билан уласак, уларнинг зарядсизланганини кўрамиз (31-б расм).

Бунда сим қандай роль ўйнади?



31-расм.

Сим бу ерда бир ишорали электр зарядлар бошқа ишорали зарядларга ҳаракатланиши мумкин бўлган «кўприкча» бўлиб хизмат қилди ва шундан сўнг улар ўзаро нейтраллашди. Бунда зарядлар маълум бир йўналишда кўчди, яъни катта потенциалгача зарядланган жисмдан кичик потенциалгача зарядланган жисмга томон кўчди.

Шундай тажрибалар асосида электр токи ҳақида тушунча киритилди: *электр зарядларининг бир томонга йўналган (тартибли) ҳаракати электр токи дейилади.*

27-§.

Берк электр занжири. Занжирда токнинг йўналиши

Ўтказгичда узоқ вақт давомида ток бўлиб туриши учун унинг учларида потенциаллар айирмаси сақланиб туриши

керак. Бунинг учун электр энергияси манбаидан фойдаланилади.

Истеъмолчини электр энергияси манбаига ўтказгичлар билан улаб, электр занжири ҳосил қиламиз. Агар занжирнинг бутун узунлиги бўйлаб узилган жойлар бўлмаса, бундай занжир берк занжир дейилади; агар занжирда узилган жой бўлса, у узуқ занжир дейилади.

Одатда занжирда уни ёпиб очадиган (улаб ва узиб турадиган) мослама бўлади. Бу мослама виключатель ёки рубильник дейилади. Шундай қилиб, энг содда электр занжири электр энергияси манбаи, истеъмолчилар, уловчи симлар ва виключателдан тузилган бўлади (32-расм).

Мураккаброқ занжирда токни бошқарадиган асбоблар (рестатлар) ва ўлчов асбоблари (амперметр, вольтметр, электр энергияси сётчиги ва бошқа асбоблар) бўлади.



32- расм.

Қандай ишорали зарядлар электр токи ҳосил қилади, деган савол туғилади?

XVII асрдаги физиклар металллардаги электр токи мусбат зарядларнинг ҳаракатидан иборат, деб ўйлар эдилар. Токнинг бундай йўналиши техник йўналиш дейилади. *Токнинг йўналиши учун ҳамма вақт мусбат зарядлар ҳаракати йўналишини қабул қилишга шартлашилган.* Эндиликда бу йўналиш ҳақиқатга тўғри келмаслиги аниқ исботланган.

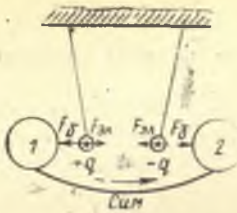
Совет академиклари Л. И. Мандельштам ва Н. Д. Папалексининг илмий текширишларига кўра, *металларда электр токи электронларнинг бир томонга йўналган ҳаракатидан иборатдир.*

Токнинг бундай йўналиши илмий жиҳатдан асосланган ва ҳақиқий йўналиш деб аталади.

28-§.

Электр энергияси манбаининг электр юритувчи кучи

33-расмда тасвирланган схема электр энергияси манбаларида бўладиган асосий ҳодисаларни аниқлашга имкон беради. Бу схема қарама-қарши ишорали $+q$ ва $-q$ бир хил зарядлар билан зарядланган изоляцияланган иккита маржон шарчадан иборат бўлиб, улар сим билан уланган изоляцияланган икки (1 ва 2) металл шар орасига жойлаштирилган.



33- расм.



34- расм.

Турли исмли $+q$ ва $-q$ зарядларга таъсир қилувчи электр кучлари шарчаларни бир-бирига яқинлаштиради. Механик энергия сарфлаймиз ва бегона (механик) куч таъсирида тортишиш электр кучларини енгиб, шарчаларни узоқлаштира бошлаймиз. Шарчалар металл шарларга теккан ҳамоно улар орасида потенциаллар фарқи юзага келади ва сим бўйлаб қисқа муддатли ток ўтади (манфий зарядлар сим бўйлаб ўтади ва мусбат зарядларни нейтраллайди).

Зарядларни сим бўйлаб кўчириш ишини электр майдони кучлари бажаради.

Электр табиатли бўлмаган кучлар манбанинг электр майдони кучларига қарши иш бажаргандан кейингина симда ток вужудга келганини кўрдик.

Шарлардаги потенциаллар фарқини ўзгартирмай туриш учун манба ичида электр зарядларини электр майдони кучларига қарши кўчириш ишини узлуксиз бажариб туриш керак; шундай қилиш кераклиги энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунидан келиб чиқади.

Натижада шундай хулосаларга келамиз:

а) манба ичида электр зарядларини ажратиш учун электр майдонига қарши таъсир қилувчи кучлар бўлиши зарур; бу кучлар ташиқаридан берилган қандайдир (механик, химиявий ва бошқа) энергия ҳисобига иш бажаргани учун бегона кучлар дейилади;

б) манба қутбларида (1 ва 2 шарларда) потенциаллар фарқини ўзгартирмай туриш учун бегона кучлар зарядларни манба ичида электр майдони кучларига қарши ҳаракатлантиришига доир узлуксиз ва ўзгармас иш бажариб туришлари керак.

Бегона кучлар таъсирида эркин электронлар бир қутбдан иккинчи қутбга, масалан, В дан А га кучади (34-расм). Агар истеъмолчи узиб қўйилган бўлса, электронлар А қутбда тўплангани сари унинг манфий потенциали ортади ва

айни вақтда B қутбнинг мусбат потенциали шундай даражада ортади.

Манба ичида электр майдонининг кучланганлиги ортиб боради, бинобарин, эркин электронларнинг F_6 бегона куч томонидан кўчирилишига тўсқинлик қилувчи $F_{эл}$ электр кучи ҳам ортади. Электр кучи катталиқ жиҳатидан бегона кучга ($F_{эл} = F_6$) тенг бўлганда, бегона кучларнинг иши тўхтади ва манба қутбларида потенциаллар фарқи энг катта қийматга эришади. Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунига мувофиқ, манба занжири узук бўлганда бегона кучлар бажарган иш ҳисобига манбанинг потенциал энергияси тўплана боради.

Агар занжир туташтирилса, бегона кучларнинг ғамланган энергияси ҳисобига зарядни бутун занжир бўйлаб кўчириш иши бажарилади.

Занжир узук бўлган ҳолда бегона кучлар бажарган ишининг манба ичида кўчирилган заряд катталигига нисбати билан аниқланадиган катталиқ манбанинг электр юритувчи кучи дейилади (қисқача э. ю. к. ёки \mathcal{E} билан белгиланади):

$$\mathcal{E} = \frac{A}{q}.$$

Бу таърифдан электр юритувчи куч том маъноси билан куч эмаслиги кўриниб турибди.

СИ системасида э. ю. к. бирлиги

$$|\mathcal{E}| = \frac{1 \text{ Ж}}{1 \text{ Кл}} = \frac{1 \text{В} \cdot \text{Кл}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{В}.$$

Агар $q = 1 \text{ Кл}$ бўлса, $\mathcal{E} = A$ бўлади. Бундан манбанинг э. ю. к. СИ системасида сон жиҳатидан бегона кучларнинг 1 Кл зарядни занжир узук бўлган ҳолда манба ичида кўчиришида бажарган ишига тенг ва у кучланиш сингари вольт ҳисобида ўлчаниши келиб чиқади. Шу сабабли узук манбанинг қутбларидаги кучланиш сон жиҳатидан манбанинг э. ю. к. га тенг.

29-§.

Занжирнинг ташқи ва ички қисмлари.

Ташқи электр занжирида потенциал пасайиши

Занжирнинг зарядлар электр майдонида ўзлари олган энергияларини сарфлайдиган қисми занжирнинг ташқи қисми дейилади. 34-расмда занжирнинг ACB булагини ташқи қисмдир.

Электр энергияси манбаи қандайдир бир энергияни электр ток и энергиясига айлантиради. Манба ўтказгич учларида потенциаллар фарқи ҳосил қилади ва уни қувватлаб туради. Манба ҳеч вақт электр зарядлари ҳосил қилмайди; у фақат зарядларни тартибли ҳаракатга келтиради, холос. Электр майдони таъсирида зарядлар бутун ташқи занжир бўйлаб кўчади, шунинг учун бу занжирнинг ҳар қандай жойида икки нуқтасининг потенциаллар фарқи мавжуд бўлиши керак. Ток манбаининг мусбат қутбида энг юқори потенциал, манфий қутбида энг паст потенциал бўлади. Ташқи занжирда потенциалнинг нуқтадан нуқтага («+» дан «—» га) камайиши потенциал пасайиши дейилади.

Ёпиқ манбаининг қисқичларидаги потенциаллар фарқи унинг қисқичларидаги кучланиш дейилади.

Манбаининг кучланиши, сон жиҳатидан манбаининг ташқи занжир бўйлаб мусбат заряд бирлигини кўчиришда бажарган ишига тенг.

СИ системасида кучланиш бирлиги 1 В бўлиб, у қуйидагига тенг:

$$\frac{1 \text{ Ж}}{1 \text{ Кл}} = \frac{1}{300} \text{ СГС}_p \text{ бирлик.}$$

Манбаининг э. ю. к. ни ва ташқи занжирда кучланиш пасайишини ўлчашга мўлжалланган асбоб вольтметр дейилади. Шунинг қайд қилиш керакки, кучланиш занжирнинг ички қисмида ҳам пасаяди, ақс ҳолда ёпиқ занжирда ток бўлмас эди.

30-§.

Ток кучи ва унинг ўлчов бирликлари

Агар ўтказгичнинг учларида потенциаллар фарқи ўзгартирилмай турилса, ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан тенг вақтлар ичида ўтган электр миқдори бир хил бўлади, яъни ток ўзгармас ток бўлади.

Трамвай лампочкаси унинг моторига қараганда кам ток истеъмол қилишини турмуш тажрибасидан биламиз. Ўзгармас тоқларни миқдор жиҳатидан таққослаш учун ток кучи тушунчасидан фойдаланилади.

Ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан ўтадиган заряднинг шу заряд ўтган вақт оралигига нисбати билан ўлчанадиган катталик ток кучи дейилади.

Заряд катталигини q , вақтни t , ток кучини I билан белгилаб, таърифга мувофиқ қуйидагини ҳосил қиламиз:

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

Агар $q=1$ Кл, $t=1$ с бўлса, у ҳолда

$$I = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ с}} = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{с}} = 1 \text{ А.}$$

Токнинг бу бирлиги француз физиги Ампер шарафига (1775—1836) ампер деб аталади.

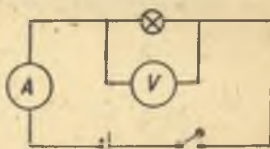
Халқаро бирликлар системасида (СИ) шундай таъриф қабул қилинган: ампер шундай ўзгармайдиган токнинг кучидирки, бу ток узунлиги чекиз катта ва доиравий кесими жуда кичик бўлган ва вакуумда бир-бирдан 1 м масофада турган икки параллел ўтказгичдан ўтганида бу ўтказгичлар орасида узунликнинг ҳар бир метрига $2 \cdot 10^{-7}$ Н куч ҳосил қилади.

Амалда кўпинча ток катталигининг майдароқ бирликлари: миллиампер (мА) ва микроампер (мкА) дан фойдаланилади. Ток кучи бирликлари орасидаги муносабатлар қуйидагича:

$$1 \text{ А} = 10^3 \text{ мА} = 10^6 \text{ мкА}; 1 \text{ мА} = 0,001 \text{ А}; 1 \text{ мкА} = 0,000001 \text{ А.}$$

Ток кучи амперметр билан ўлчанади.

Жуда кичик (1 мкА дан кичик) тоқлар гальванометр деб аталадиган асбоб билан ўлчанади. Амперметр ёки гальванометр занжирга унинг ток ўлчанаётган қисмига кетма-кет уланади, занжир қисмининг учларидаги кучланишни ўлчайдиган вольтметр эса шу қисмга параллел уланади (35-расм).



35- расм.

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Электр токи деб нимага айтилади?
2. Техникада токнинг қандай йўналиши қабул қилинган?
3. Токнинг қандай йўналиши ҳақиқий йўналиш дейилади?
4. Металлардаги электр токи нима?
5. Электр занжири нима? Ёниқ занжир узук занжирдан нима билан фарқ қилади?
6. Электр юритувчи куч нима?
7. Бегона кучлар деб қандай кучларга айтилади?

8. Занжирнинг ташқи ва ички қисмлари нима?
9. Занжирнинг ташқи қисмида потенциал пасайиши нима?
10. Ток кучи деб нимага айтилади?
11. Бир ампер деб нимага айтилади?
12. Электр занжирига амперметр ва вольтметр қандай уланади?
13. Агар ток кучи 0,2 А га тенг бўлса, 5 мин давомида ўтказгичда қандай заряд кўчади?

Жавоб: 60 Кл.

31-§.

Ўтказгичнинг қаршилиги.

Қаршилиқ бирлиги.

Ўтказгичнинг ўтказувчанлиги

Агар занжирнинг маълум бир қисмида кучланиш ўзгартирилса, ток кучи ҳам ўзгаради. Занжирнинг шу қисмида кучланиш қандай ўзгармасин, айтилиши вақтда ток кучи ҳам ўзгаради, бироқ кучланишнинг ток кучига нисбати (агар температура ўзгармаса) занжирнинг шу қисми учун доимий катталиқ бўлади, яъни

$$\frac{U}{I} = \text{const.}$$

Бу катталиқ ток ўтаётган ўтказгичнинг (ёки асбобнинг) электр хоссаларини характерлайди.

Юқорида қайд қилиб ўтганимиздек, металлларда электр токи эркин электронларнинг тартибли ҳаракатидан иборатдир.

Электронлар илгариланма ҳаракат қилмай тебранма иссиқлик ҳаракатида бўлган атом ва ионлар орасида ҳаракатланиб, улар билан ва бир-бири билан тўқнашади.

Электронларнинг атом ва бошқа электронлар билан ўзаро таъсир қилиши натижасида электронларга турли-туман йуналишларда таъсир қилувчи кучлар вужудга келади. Бунинг натижасида электронларнинг ҳаракати маълум даражада хаотик ҳолга келади ва ток кучи камаяди. Шундай қилиб, ўтказгич электр токининг ўтишига тўққинлик қилади, яъни унинг *электр қаршилиги* бўлади.

Занжирнинг маълум бир қисмида U кучланишнинг I ток кучига нисбати ўзгармас бўлиб, фақат ўтказгичга боғлиқ бўлгани учун қисмининг R қаршилигини шу нисбат билан ўлчашга шартлашилган:

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

Агар $U = 1 \text{ В}$, $I = 1 \text{ А}$ бўлса, у ҳолда

$$[R] = \frac{1 \text{ В}}{1 \text{ А}} = 1 \frac{\text{В}}{\text{А}} = 1 \text{ Ом.}$$

СИ системасида қаршилик бирлиги 1 Ом. Бу бирлик немис физиги Ом шарафига (1787—1854) шундай деб аталади.

Қаршилик бирлиги 1 Ом деб шундай ўтказгичнинг қаршилиги қабул қилинганки, унинг учлари орасида кучланиш 1 В бўлганда 1 А ток кучи вужудга келади.

Занжир қисмининг R қаршилигига тескари катталик шу қисмининг ўтказувчанлиги деб аталади:

$$g = \frac{1}{R}.$$

СИ системасида ўтказувчанлик бирлиги омга тескари катталик бўлиб, у сименс деб аталади:

$$[g] = \frac{1}{1 \text{ Ом}} = 1 \text{ Ом}^{-1} = 1 \text{ См.}$$

32-§.

Занжирнинг бир қисмига оид Ом қонуни

Занжирнинг маълум бир қисмида ток кучи кучланишга тўғри пропорционал эканлигини айтиб ўтдик. Бунга ишонч ҳосил қилиш осон. Масалан, чўнтаки фонарнинг анча ишлатилган (кучланиши пасайган) батареяси ва электр лампочкадан иборат электр занжири тузсак, лампочка жуда хира ёнади ёки мутлақо ёнмайди. Бу ҳол лампочкадан кучсиз ток ўтаётганини билдиради. Олдинги батарея ўрнига етарлича кучланиш берадиган янги батарея қўйсак, лампочка ёруғ ёнганини кўрамиз. Демак, лампочка орқали кучлироқ ток ўтди. Электр занжирига битта, сўнгра иккита ва ҳокимато батареялар улаб, яъни кучланишни бир неча марта орттириб, бунда ток кучининг ҳам худди шунча марта ортганини кўрамиз (ток ўтганда ўтказгичнинг температураси сезиларли ортмаса). Занжир қисми учларидаги потенциаллар фарқини ўзгартирмаган ҳолда ўша қисмга қаршилиги ҳар хил бўлган ўтказгичлар улаб, занжир қисмининг қаршилиги ўзгариши билан ундаги ток кучи ҳам ўзгаришини сезамиз. Аниқроғи, тажриба занжир қисмининг (ўтказгичнинг) қаршилиги ортганида ундаги ток кучи камайишини кўрсатади. Занжирнинг маълум бир қисмида кучланишнинг ток кучи-

нисбати ўзгармас бўлиб, шу қисм қаршилигининг ўлчо-
ви бўлишини биз қайд қилиб ўтган эдик, яъни

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

Бу формуладан қуйидаги ифодани чиқарамиз:

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

бу ифодани шундай ўқиш мумкин: *занжирнинг маълум бир қисмидаги ток кучи шу қисм учларидаги кучланишга тўғри пропорционал ва унинг қаршилигига тесқари пропорционал.*

Бу қонунни немис олими Ом 1827 йилда тажрибада кашф қилди, шунинг учун бу қонун олим шарафига занжирнинг бир қисмига оид Ом қонуни деб аталади.

Ом қонунини математик жиҳатдан яна шундай ҳам ёзиш мумкин:

$$U = IR.$$

Демак, занжирнинг бир қисмида кучланиш пасайиши унинг қаршилиги билан ундаги ток кучи кўпайтмасига тенг.

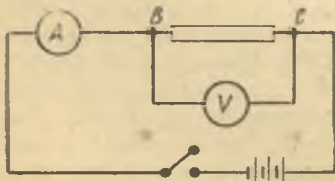
33-§.

Қаршиликнинг ўтказгич материали, узунлиги ва кўндаланг кесим юзига боғланиши

36-расмда кўрсатилгандек занжир тузамиз ва айти бир моддadan ясалган бир хил кўндаланг кесимли бир неча сим оламиз. BC қисмда сим қанча узун бўлса, ундan ток шунча кам ўтади, дeмак, сим қанча узун бўлса, унинг қаршилиги шунча кўп бўлади.

Айти бир материалдан ясалган бир неча сим оламиз, буларнинг узунликлари бир хил, кўндаланг кесимлари ҳар хил бўлсин. Симнинг кўндаланг кесими ортганда ток ортади, бу факт сим қаршилигининг камайишини кўрсатади.

Сўнгра ўлчамлари бир хил, лекин турли моддалардан қилинган симлар, масалан, алюминий, мис ва нихром симлар



36- расм.

оламир. Бунда мис симдан ўтган ток кучи алюминий ва вихром симлардан ўтган ток кучидан каттароқ бўлганини кўрамир. Бу факт бу симларнинг қаршилиги турлича эканини билдиради. Демак, қаршилик ўтказгич моддасининг турига ҳам боғлиқ экан. Турли моддаларнинг қаршиликларини характерлаш учун солиштирма қаршилик деб аталган алоҳида катталиқ киритилади, бу катталиқни биз ρ (грекча «ро» ҳарфи) билан белгилаймир.

Ўтказгичларнинг қаршиликларини аниқ ўлчаш натижасида шу нарса аниқланганки, ўзгармас температурада ўтказгичнинг қаршилиги унинг узунлигига тўғри пропорционал, кўндаланг кесим юзига тескари пропорционал ва ўтказгич материалига боғлиқ бўлади.

Ўтказгич узунлигини l билан, кўндаланг кесими юзини S билан, солиштирма қаршилигини ρ билан белгиласак, у ҳолда

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Бу формуладан $RS = \rho l$ ифодани ҳосил қиламир, бундан солиштирма қаршилиқни топамиз:

$$\rho = \frac{RS}{l}.$$

Агар $R = 1$ Ом, $S = 1$ м², $l = 1$ м бўлса, солиштирма қаршилик бирлигининг номи

$$\frac{\text{Ом} \cdot \text{м}^2}{\text{м}} = \text{Ом} \cdot \text{м}$$

бўлади.

СИ системасида солиштирма қаршилик бирлиги учун ом-метр қабул қилинади.

Ом-метр — шундай солиштирма қаршиликдирки, бунда кўндаланг кесим юзи 1 м² ва узунлиги 1 м бўлган цилиндр шаклидаги тўғри ўтказгичнинг қаршилиги 1 Ом бўлади.

Техникага доир адабиётда солиштирма электр қаршилиқнинг бошқа бирликларини ҳам учратиш мумкин:

$$[\rho] = \frac{1 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ мм}^2}{1 \text{ м}} = 1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}};$$

$$1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} = 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Баъзи материалларнинг солиштирма қаршиликлари жадвалини келтирамир:

Материал	$\rho \cdot 10^8$ Ом·м	Материал	$\rho \cdot 10^8$ Ом·м
Кумуш	1,6	Қурғошин	21
Мис	1,8	Никелин (қотишма)	40
Алюминий	2,9	Константан (қотишма)	50
Вольфрам	5,6	Симоб	94
Темир	13	Нихром (қотишма)	110

11-масала. Қўндаланг кесим юзи $0,5 \text{ мм}^2$ бўлган мис симнинг қаршилиги 9 Ом га тенг бўлиши учун симнинг узунлиги қандай бўлиши керак?

Берилган:

$$\rho = 1,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}; S = 0,5 \text{ мм}^2 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2; R = 9 \text{ Ом}.$$

$$l - ?$$

Ечилиши

1. $R = \frac{\rho l}{S}$ формуладан $RS = \rho l$, бундан

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho}.$$

2. l ни ҳисоблаймиз:

$$l = \frac{9 \text{ Ом} \cdot 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2}{1,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}} = 250 \text{ м}.$$

12-масала. 1 км мис симнинг қаршилиги $2,55 \text{ Ом}$ га тенг. Симнинг диаметрини аниқланг.

Берилган:

$$l = 1 \text{ км} = 1000 \text{ м} = 10^3 \text{ м}; \rho = 18 \cdot 10^{-9} \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$R = 2,55 \text{ Ом}.$$

$$d - ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) симнинг қўндаланг кесим юзи, геометрик маълумотларга кўра, қуйидагига тенг:

$$S = \frac{\pi d^2}{4};$$

б) симнинг қўндаланг кесим юзи, қаршилиқ формуласига кўра, қуйидагига тенг:

$$S = \frac{\rho l}{R};$$

$$в) \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\rho l}{R} \text{ тенглама тузамиз бундан}$$

$$\pi d^2 R = 4\rho l;$$

г) симнинг диаметрини топамиз:

$$\sqrt{\frac{4\rho l}{\pi R}} = 2 \sqrt{\frac{\rho l}{\pi R}}$$

2. d ни ҳисоблаймиз:

$$d = 2 \sqrt{\frac{18 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot 10^3 \text{ м}}{3,14 \cdot 2,55 \text{ Ом}}} = 2 \sqrt{\frac{18 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}{8}} =$$

$$= 2 \sqrt{\frac{9}{4} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = \frac{2 \cdot 3}{2} \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,003 \text{ м} = 3 \text{ мм}.$$

13-масала. Массаси 17,6 кг ва диаметри 2 мм булган никелин симнинг қаршилигини аниқланг. Эслатма. Модданинг зичлигини ρ соштира қаршилик билан янглиштириб юбормаслик учун бу ерда зичлик D билан белгиланган.

Берилган:

$$\rho = 40 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}; m = 17,6 \text{ кг}; D = 8800 \text{ кг/м}^3;$$

$$d = 2 \text{ мм} = 0,002 \text{ м} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

$R = ?$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) симнинг ҳажми

$$V = \frac{m}{D};$$

б) кундаланг кесим юзи

$$S = \frac{\pi d^2}{4};$$

в) симнинг узунлиги

$$l = \frac{V}{S};$$

г) симнинг қаршилиги

$$R = \frac{\rho l}{S} = \frac{\rho V}{S^2} = \frac{\rho D}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)^2} = \frac{16\rho m}{\pi^2 d^4 D}.$$

2. Қаршиликни ҳисоблаймиз:

$$R = \frac{16 \cdot 40 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot 17,6 \text{ кг}}{3,14^2 \cdot (2 \cdot 10^{-3} \text{ м})^4 \cdot 8800 \text{ кг/м}^3} \approx \frac{16 \cdot 40 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 16 \cdot 10^{-12}} \text{ Ом} =$$

$$= 80 \text{ Ом}.$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Ўтказгичнинг қаршилиги деб нимага айтилади ва қаршилик қандай бирликлар билан ўлчанади?

2. Ўтказувчанлик деб нимага айтилади ва у қандай бирликлар билан ўлчанади?

3. Модданинг қандай қаршилиги солиштирма қаршилик дейилади?

4. Ўтказгичнинг қаршилиги унинг узунлиги, кундаланг кесим юзи ва материалга қандай боғлиқ бўлади?

5. Нима учун трамвай рельслари бир-бирининг учларига кавшарланган йўғон мис симлар билан улаб қўйилади?

6. Қесим юзи бир хил бўлган 1 м нихром симнинг қаршилиги 1 м қурғошин симнинг қаршилигидан қанча марта катта бўлади?

Жавоб: 5 марта.

7. Атлантика океанининг тубига ётқизилган биринчи атлантик кабелнинг (1886 йил) узунлиги 3000 км, мис ўзигининг диаметри 5 мм эди. Унинг қаршилиги қандай бўлган? $\rho = 0,018 \cdot 10^{-6}$ Ом·м деб олинг.

Жавоб: ≈ 2752 Ом.

8. Массаси 1080 г ва диаметри 2 мм бўлган алюминий симнинг қаршилигини аниқланг ($D = 2,7$ г/см³).

Жавоб: $\approx 1,2$ Ом.

9. Ғалтакни кучланиши 1,35 В бўлган ўзгармас ток занжирига улаганда ундан 0,27 А ток ўтди. Агар ғалтак сими константандан ясалган бўлиб, диаметри 0,6 мм бўлса, ғалтакни ёймасдан симининг узунлигини аниқланг.

Жавоб: $\approx 2,83$ м.

34-§.

Ўтказгич қаршилигининг температурага боғланиши

Ўтказгичнинг қаршилиги унинг температураси ўзгариши билан ўзгаради; температура кўтарилганда соф металлларнинг қаршилиги ортади, кўмир, туз ва кислоталар, шунингдек ярим ўтказгичларнинг қаршилиги камаяди. Агар элементлар батареяси, сим спираль ва амперметрдан иборат занжир тузсак (37-расм), спираль қизиганда амперметр ток кучининг камайганини кўрсатади. Демак, сим спираль қизиганда унинг қаршилиги ортади. Кўпчилик соф металллар 1 К қизиганда уларнинг қаршилиги ўтказгичнинг 273 К (0 °С) даги қаршилигининг 0,004 қисмига яқин миқдорда



37- расм.

ортади. Бу катталик қаршиликнинг термик коэффициентини деб аталади ва α (грек ҳарфи «альфа») билан белгиланади.

Баъзи қотишмаларнинг қаршиликлари температура ўзгариши билан жуда кам ўзгаради. Масалан, никелин (54% мис, 26% никель, 20% рух) учун $\alpha = 0,0003 \text{ K}^{-1}$, манганин (мис 84%, никель 4%, марганец 12%) учун $\alpha = 0,00015 \text{ K}^{-1}$.

Бундай металллардан қилинган симлар қаршиликлари доимий сақланиши керак бўлган асбобларда, масалан, ом эталонлари ва реостатларда ишлатилади.

Ўтказгич 1 K ёки 1°C қизиганда унинг қаршилиги 273 K ёки 0°C даги дастлабки қаршилигининг қандай қисмича ўзгаришини кўрсатадиган катталик қаршиликнинг термик коэффициентини дейилади.

Ўтказгичнинг температурасини t билан, унинг бошланғич қаршилигини R_0 билан, қизиган ўтказгичнинг қаршилиги R билан, қаршиликнинг термик коэффициентини α билан, қаршиликнинг ўтказгич қизигандаги ўзгаришини ΔR билан (Δ — грекча «дельта») белгилаб, қуйидагича мулоҳаза юритамиз.

1. Ўтказгич $t^\circ\text{C}$ қиздирилганда унинг қаршилиги қанча ўзгарганини аниқлаймиз:

$$\Delta R = R_t - R_0.$$

2. Ўтказгич $t^\circ\text{C}$ қиздирилганда унинг қаршилиги бошланғич қаршилигига нисбатан қандай қисмга ўзгарганини аниқлаймиз:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = \frac{R_t - R_0}{R_0}.$$

3. Ўтказгични 1°C қиздирганда унинг қаршилиги бошланғич қаршилигига нисбатан қандай қисмга ўзгарганини аниқлаймиз:

$$\frac{\Delta R}{R_0 t} = \frac{R_t - R_0}{R_0 t}.$$

Бу ифода қаршиликнинг термик коэффициентини таърифига мос келади, шунинг учун

$$\alpha = \frac{\Delta R}{R_0 t} \text{ ёки } \alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 t}$$

деб ёзиш мумкин.

Бу формуладан қаршиликнинг термик коэффициентини бирлигини топиш мумкин:

$$[\alpha] = \frac{1 \text{ Ом}}{1 \text{ Ом} \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{1}{^\circ\text{C}} \text{ (ёки } \text{K}^{-1}\text{)}.$$

Жадвалда баъзи моддаларнинг термик коэффициентлари келтирилган:

Модда	$\alpha(\text{K}^{-1})$	Модда	$\alpha(\text{K}^{-1})$
Манганин	0,000015	Мис	0,004
Константан	0,00005	Кумуш	0,004
Нихром	0,0003	Алюминий	0,0042
Никелин	0,0003	Вольфрам	0,0046

$\alpha = \frac{R_t - R_o}{R_o t}$ формулани $R_t - R_o = \alpha R_o t$ кўринишда ёзамиз, бундан $R_t = R_o + \alpha \cdot R_o t$ ёки $R_t = R_o (1 + \alpha t)$, бу ерда $(1 + \alpha t)$ нфода термик қаршилик биноми дейилади ва ўтказгич 0 дан $t^\circ\text{C}$ гача қизиганда унинг қаршилиги қанча марта ортганини кўрсатади. Шундай қилиб, қизиган ўтказгичнинг қаршилиги бошланғич қаршилик билан термик қаршилик биноми кўпайтмасига тенг.

Агар ўтказгич 0°C дан эмас, балки t_1 температурадан t_2 гача қизиган бўлса, унинг қаршилиги R_1 дан R_2 гача ўзгаради, термик коэффициентини эса 0 дан 100°C гача соҳада деярли ўзгармайди.

Шунинг учун металл ўтказгичлар 0 дан 100°C гача қизиганда улар қаршилигининг нисбий ортиши етарлича аниқлик билан температура ўзгаришига пропорционал деб ҳисоблаш мумкин, яъни

$$\frac{R_2 - R_1}{R_1} \approx \alpha(t_2 - t_1).$$

бундан

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)].$$

Ўтказгичнинг қизиши туфайли қаршилиги ортишидан температурани ўлчайдиган аниқ асбоб яшада фойдаланилади, бунинг учун қийин эрийдиган металл, масалан, платина ёки вольфрам олинади ва тажрибада температура ўзгариши билан қаршиликнинг ўзгариши орасидаги боғланиш аниқланади. Сўнгра бу металлдан кичкина ғалтак тайёрлаб (38-расм), уни қийин эрийдиган трубка ичига жойлаштирилади.

Бундай асбоб қаршилик термометри ёки пирометр дейилади.

Платинадан ясалган пирометр температурани 1000°C гача жуда аниқ ўлчайди. — 20 дан 600°C гача соҳада ўлчаш аниқлиги $0,0001^{\circ}\text{C}$ га тенг. Пирометрлар билан паст температураларни ҳам ўлчаш мумкин. Бунинг учун суюқ ҳаво ёрдамида совитилган (-195°C гача) пирометрнинг қаршилиги топилади ва сўнгра шкала -195 билан 0°C орасида даражаланади.

Электр термометрлари юқори температураларни ҳам, паст температураларни ҳам катта аниқликда ўлчашга имкон бериши кўриниб турибди. Ишлаб чиқаришда машиналарнинг қисмлари ва бутун қурилмаларнинг температураларини аниқ билиш жуда муҳим. Масалан, иссиқлик қурилмасида ўтхонага, ишлаб бўлган газлар чиқадиган трубага ва бошқа жойларга спираллар қўйилади. Ҳамма спираллардан битта ўлчаш асбобига симлар тортилади. Навбатчи ўз ўрнидан турмасдан переключателни бир симдан иккинчисига ўтказиб, қурилманинг турли қисмлари температурасини аниқлайди. Худди шундай йўл билан баъзи заводларда бир неча печларнинг температурасини кузатиб бориш, шунингдек, қўйилган буюмларнинг қизиш ва совиш температураларини кузатиб бориш мумкин. Ёзиб олувчи асбобларга уланган пирометрлар машиналарнинг ишлашини, касалликнинг боришини ва ҳоказоларни ўрганишда катта аҳамият касб этади. Пирометр стрелкасини сигнализаторларга (лампочка, қўнғироқ ва бошқаларга) улаб, қурилма учун хавfli температура яқинлашаётганлиги ҳақида хабар бериш мумкин. Масалан, подшипникларнинг эриш нуқтасига яқин температурада автоматик равишда қизил чироқ ёнади ёки электр қўнғироғи жиринглайди, ёки айланиш тезлиги автоматик равишда камаяди.

Техникада термисторлар, яъни термик коэффициентлари манфий бўлган моддалар кенг қўлланилади. Бу хоссалар айниқса чала ўтказгичларда кучли намоён бўлади. Чала ўтказгичларнинг термик коэффициентлари манфий ва соф қиймати жиҳатидан жуда каттадир (металларникига нисбатан бир неча минг марта катта). Шунинг учун температура кўтарилганда чала ўтказгичларнинг қаршилиги жуда тез камаяди ва занжирдаги ток кучи тез ортади.



38-расм.

Турли моддаларнинг қизиганда токни турлича ўтказиши-
нинг сабаби нимада?

Бир томондан, модданинг температураси кўтарилганда электронларнинг молекулалар билан тўқнашиш сони ортади, бунинг натижасида электронлар ҳаракатининг ўртача тезлиги камаяди, улар ҳаракатининг тартиби бузилади, бу ҳол токнинг камайишига сабаб бўлади. Шундай қилиб, температуранинг кўтарилиши қаршиликнинг ортишига сабаб бўлиши мумкин. Бу ҳолда заряд ташувчиларнинг ҳаракатчанлиги катта роль ўйнайди. Заряд ташувчилар қанчалик ҳаракатчан бўлса, қаршилик шунча кам бўлади ва аксинча.

Иккинчи томондан, температура кўтарилганда модданинг ҳажм бирлигидаги эркин электронлар ва ионлар сони ошади, яъни заряд ташувчилар концентрацияси ошади. Бу нарса токнинг ортишига, ва бинобарин, қаршиликнинг камайишига ёрдам беради.

Биз санаб ўтган сабабларнинг қайси бири кучлироқ бўлишига қараб, температура кўтарилганда модданинг қаршилиги ёки ортади (металлар) ёки камаяди (кўмир, ярим ўтказгичлар), ёки деярли ўзгармай қолади (баъзи қотишмалар).

14-масала. Электр лампочкадаги вольфрам толасининг 0°C даги қаршилиги 300 Ом, лампочка ёнганда унинг қаршилиги 2400 Ом бўлади. Толанинг чуғланиш температурасини аниқланг.

Берилган:

$$R_0 = 300 \text{ Ом}, R_t = 2400 \text{ Ом}; \alpha = 0,0046 \text{ K}^{-1} \text{ (ёки } 1/^{\circ}\text{C}),$$
$$t = ?$$

Ечилиши

1. $\alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 t}$ формуладан $\alpha R_0 t = R_t - R_0$,

бундан

$$t = \frac{R_t - R_0}{R_0 \alpha}.$$

2. Толанинг чуғланиш температурасини ҳисоблаймиз:

$$t = \frac{2400 \text{ Ом} - 300 \text{ Ом}}{300 \text{ Ом} \cdot 0,0046 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}} = \frac{2100 \text{ Ом}}{300 \text{ Ом} \cdot 0,0046 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}} =$$
$$= \frac{7}{0,0046 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}} \approx 1522^{\circ}\text{C}.$$

15-масала. 820°C температурада қаршилиги 49,6 Ом бўладиган иситиш асбоби яшаш учун диаметри 0,4 мм бўлган никелин симдан 20°C температурада қандай узунликда олиш керак?

Берилган:

$$d = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}; t_1 = 20^\circ \text{C}; t_2 = 820^\circ \text{C}; \alpha = 0,0003 \text{ } 1/^\circ \text{C}; \\ R_2 = 49,6 \text{ Ом}; \rho = 0,4 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

$l = ?$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) ўтказгичнинг кўндаланг кесим юзи

$$S = \frac{\pi d^2}{4};$$

б) t_1 температурадаги қаршилиги

$$R_1 = \frac{R_2}{1 + \alpha(t_2 - t_1)};$$

в) қаршилик формуласидан ҳисоблаб чиқариладиган узунлиги

$$l = \frac{R_1 S}{\rho} = \frac{R_1 \pi d^2}{4\rho} = \frac{\pi d^2 R_2}{4\rho [1 + \alpha(t_2 - t_1)]}.$$

2. l ни ҳисоблаймиз:

$$l = \frac{3,14 \cdot 0,16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot 49,6 \text{ Ом}}{4 \cdot 0,4 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м} [1 + 0,0003 \text{ } 1/^\circ \text{C} (820 - 20)^\circ \text{C}]} = \\ = \frac{3,14 \cdot 49,6 \text{ м}}{12,4} = 3,14 \cdot 4 \text{ м} = 12,56 \text{ м} \approx 12,6 \text{ м}.$$

16-масала. Динамомашина ишлашдан аввал унинг электромагнитлари чулғамнинг қаршилиги 100 Ом эди, бу вақтда атрофдаги ҳаво температураси 25°C бўлган. Динамомашина бир неча соат ишлагандан кейин мисдан ясалган чулғамнинг қаршилиги 120 Ом бўлди. Чулғамнинг қандай температурагача қизганини аниқланг.

Берилган:

$$t_1 = 25^\circ \text{C}, R_1 = 100 \text{ Ом}; R_2 = 120 \text{ Ом}; \alpha = 0,004 \text{ } 1/^\circ \text{C}.$$

$t_2 = ?$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) температуралар фарқини $R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$ формуладан топамиз. Шакл алмаштиришларни бажаргандан кейин

$$R_2 = R_1 + R_1 \alpha (t_2 - t_1)$$

ёки

$$R_2 - R_1 = R_1 \alpha (t_2 - t_1)$$

формулани оламиз, бундан

$$t_2 - t_1 = \frac{R_2 - R_1}{R_1 \alpha},$$

б) охири температурани топамиз:

$$t_2 = \frac{R_2 - R_1}{R_1 \alpha} + t_1.$$

2. t_2 ни ҳисоблаймиз!

$$t_2 = \frac{120 \text{ Ом} - 100 \text{ Ом}}{100 \text{ Ом} \cdot 0,004 \text{ 1/}^\circ\text{C}} + 25^\circ\text{C} = \frac{20}{0,4 \text{ 1/}^\circ\text{C}} + 25^\circ\text{C} = 50^\circ + 25^\circ = 75^\circ\text{C}.$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Қаршиликнинг термик коэффициентини деб нимага айтилади?
2. Қаршиликнинг термик коэффициентини формуласи қандай қилиб келтириб чиқарилади?
3. Қаршиликнинг термик коэффициентини номи қандай?
4. Қандай моддалар учун термик коэффициент мусбат ва қандай моддалар учун манфий?
5. $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ формула қандай қилиб келтириб чиқарилади?
6. $R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$ тахминий формула қандай қилиб келтириб чиқарилади?
7. Қаршилик термометрининг ишлаши ўтказгичларнинг қандай хосасига асосланган?
8. Термисторлар нима ва улар қаерларда ишлатилади?
9. Моддалар температураси ўзгарганила уларнинг ўтказувчанлиги турлича бўлиши сабаби нимада?
10. Электр лампочкаси вольфрам толасининг 0°C даги қаршилиги 20 Ом. Лампа ёниб турганда толанинг қаршилиги 204 Ом бўлади. Толанинг қўғланиш температурасини аниқлаш.

Жавоб: 2000°C .

11. Мис симдан ясалган ғалтакнинг қаршилиги $+5^\circ\text{C}$ температурада 0,5 Ом. Атрофидаги ҳаво температураси кўтарилганда ғалтакнинг қаршилиги 0,54 Ом га етди. Ғалтак қандай температурагача қизган?

Жавоб: $+25^\circ\text{C}$ гача.

35- §.

Ўта ўтказувчанлик ҳақида тушунча

Ўтказгичнинг ўтказувчанлиги ҳақидаги тушунчадан ўтказгичнинг қаршилиги қанча кам бўлса, унинг ўтказувчанлиги шунча катта бўлиши келиб чиқади. Соф металлларни қиздирганда уларнинг қаршилиги ортади, совиганда эса камайди. Соф металлларни қиздирганда уларнинг ўтказувчанлиги эса камайди, совиганда ортади.

1911 йилда голланд физиги Камерлинг Оннес симобни аста-секин 4,3 К гача совитиб, унинг қаршилиги аста-секин камайишини ва бу камайиш қаршилик ўзгаришининг $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ формулага мувофиқ ҳисобланганига мос келишини аниқлади.

Олим симоб температурасини 4,3 дан 4,2 К га пасайтириб, қаршилик симобнинг температураси 4,3 К гача

ўзгаргандагига нисбатан 10 млрд. марта сакраб камайганини, ўтказувчанлик эса сакраб ортганини аниқлади.

Симоб устунни орқали жуда катта ток ўтказилди, ҳолбуки бу устун учларидаги кучланиш амалда нолга тенг эди. Бундан симобнинг қаршилиги амалда нолга тенг бўлиб қолганлиги маълум бўлди. Бу ҳодиса ўта ўтказувчанлик деб аталди.

Ўта ўтказувчанлик ҳодисаси фақат симобгагина хос эмас. Қалай 3,71 К да, қўрғошин 7,26 К да, алюминий 1,14 К да, рух 0,79 К да, магний 0,7 К да, таллий 2,3 К да, тантал 4,4 К да ва бошқа қатор металллар ҳам турли температураларда ўта ўтказувчан бўлиб қолади.

Ўта ўтказувчан ҳолатдаги ўтказгичдан ўтаётган ток ҳеч қандай иш бажармайди, яъни ҳаракатдаги зарядлар энергияси ўзгармайди. Агар температурани ўта ўтказувчанлик ҳодисаси рўй берадиган температурадан паст қилиб турилса, электр токи узоқ муддат давомида заифлашмаган ҳолда ўтиб туриши мумкин. Баъзи тажрибаларда қўрғошин симнинг 1 мм² кўндаланг кесимига тўғри келган ток 1250 А га етгани ҳолда сим исимаган, бинобарин, ўтказгичда энергия исроф бўлмаган.

Ўта ўтказувчанлик ҳодисасини совет олимлари А. И. Шальников, Л. Д. Ландау ва Н. Н. Боголюбов ҳар томонлама чуқур ўргандилар.

36- §.

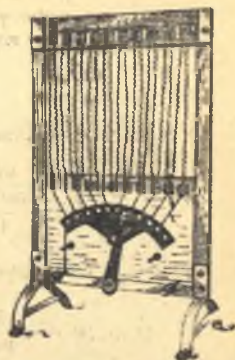
Реостатлар

Занжирнинг қаршилигини ўзгартиришга ва шу билан ток кучини ўзгартиришга имкон берадиган асбоблар реостатлар деб аталади.

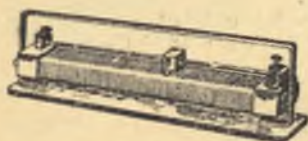
Симли реостатлар константан, манганин, никелин, нихром каби махсус қотишмалардан ясалади. Бу қотишмаларнинг солиштира қаршиликлари катта ва термик коэффициентлари кичик бўлади, шунинг учун бундай қотишмалардан тайёрланган реостатлар ихчам бўлади ва қаршиликлари сезиларли ўзгармагани ҳолда анчагина қизишга бардош беради.

Реостатни 1841 йилда рус олими Б. С. Якоби (1801 — 1874) ихтиро қилди. Турли хил реостатлар бўлади. Ричагли, сирпанувчи контактли ва штепселли реостатлар кўп ишлатилади.

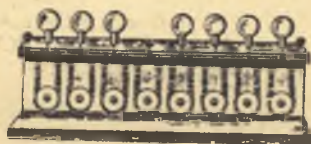
Ричагли реостатлар (39- расм) асо-сан техник қурилмаларда (масалан, трамвайда) ишлатилади. Бу реостат занжир қаршилигини сакратиб ўзгартиришга имкон беради. Қаршилиқни бир текис ўзгартириш керак бўлган ҳолларда, масалан, илмий тадқиқотларда, радиоприёмник, телевизор ва шу кабиларда сирпанувчи контактли реостатлар (40- расм) ишлатилади. Бу реостат изоляторга ўралган очиқ симдан иборат. Бу сим бўйлаб ҳар бир ўрамни кетма-кет қўшиб борувчи металл жилғич (контакт) суриб борилади. Занжирга қўшилган қаршилиқ катталиги билиш керак бўлган ҳолларда штепселли реостатлардан (41- расм) фойдаланилади, улар қаршилиқлар магазини деб ҳам аталади. Қаршилиқлар магазини яшикка монтаж қилинган қатор ғалтаклардан иборат. Яшиқнинг юқориги қопқоғида штепселлар ўрнати-



39- расм.



40- расм



41- расм.

ладиган ораликлари бўлган йўгон мис полосалар бор. Штепсель ўрнатилган жойда ток қаршилиқ ғалтагидан ўтмай, пластинка орқали (штепсель орқали) ўтади.

Агар штепсель суғуриб олинса, ток бу ердаги қаршилиқ ғалтаги орқали ўтади. Яшиқ қопқоғига штепселли реостат ғалтакларининг қаршилиқлари катталиги ёзиб қўйилган бўлади.

17- масала. Узунлиги 10 м ва диаметри 0,2 мм бўлган алюминий симдан 70 мА ток ўтмоқда. Бу сим учларидаги кучланишни аниқланг. Берилган:

$$l = 10 \text{ м}; d = 0,2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}; \rho = 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$I = 70 \text{ мА} = 0,07 \text{ А}.$$

$$U = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) симнинг кесим юзи

$$S = \frac{\pi d^2}{4};$$

б) симнинг қаршилиги

$$R = \frac{\rho l}{S} = \frac{\rho l}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4\rho l}{\pi d^2};$$

в) $I = \frac{U}{R}$ Ом қонунидан сим учларидаги кучланишни топамиз:

$$U = IR = I \frac{4\rho l}{\pi d^2} = \frac{4\rho l I}{\pi d^2}.$$

2. Кучланишни ҳисоблаймиз:

$$U = \frac{4 \cdot 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot 10 \text{ м} \cdot 0,07 \text{ А}}{3,14 \cdot (2 \cdot 10^{-4})^2 \text{ м}^2} \approx 0,65 \text{ В}.$$

18-масала. Агар электр лампочкаси вольфрам толасининг узунлиги 0,2 м, кесими 0,00056 мм², унинг учларидаги кучланиш 220 В бўлса, бу толадан ўтаётган ток кучи нимага тенг бўлади? Толанинг қўғланиш температураси 2000°C.

Берилган:

$$l = 0,2 \text{ м}; S = 0,00056 \text{ мм}^2 = 5,6 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2; \\ \alpha = 0,0046 \text{ К}^{-1} \text{ (ёки } 1/^\circ\text{C)}, \rho = 0,056 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}; \\ t = 2000^\circ\text{C}; U = 220 \text{ В}.$$

$I = ?$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) толанинг 0°C даги қаршилиги

$$R_0 = \frac{\rho l}{S};$$

б) толанинг $t^\circ\text{C}$ температурадаги қаршилиги

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) = \frac{\rho l}{S}(1 + \alpha t);$$

в) толадан ўтаётган ток кучи

$$I = \frac{U}{R_t} = \frac{U}{\frac{\rho l}{S}(1 + \alpha t)} = \frac{US}{\rho l(1 + \alpha t)}.$$

2. I ни ҳисоблаймиз:

$$I = \frac{220 \text{ В} \cdot 5,6 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2}{0,056 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot 0,2 \text{ м} (1 + 0,0046 \text{ } 1/^\circ\text{C} \cdot 2000^\circ\text{C})} = \\ = \frac{220 \text{ В}}{100 \text{ Ом} \cdot 0,2 \cdot 10,2} = \frac{22 \text{ В}}{2 \cdot 10,2 \text{ Ом}} = \frac{11}{10,2} \text{ А} \approx 1,08 \text{ А}.$$

Уз-узини текшириш учун машқлар

1. Ҳа утказувчанлик ҳодисаси нима?
2. Реостатлар қандай мақсадларда ишлатилади ва техник реостатларнинг қандай хиллари энг кўп ишлатилади?
3. Занжирнинг бир қисмига оид Ом қонунининг моҳияти нимадай иборат?
4. Занжирнинг бир қисмига оид Ом қонунининг $I = U/R$ ифодасидан $R = U/I$ деб ёзиш мумкин. Нима учун бу ифодага қараб ўтказгичнинг қаршилиги унинг учларидаги кучланишга тўғри пропорционал ва ўтказгичдаги ток кучига тесқари пропорционал деб таъриф бериш мумкин эмас?
5. Нима учун 110 В кучланишга мўлжалланган электр лампочкаси ни 220 В ли занжирга улаш ярамайди?
6. Спиралининг қаршилиги 24 Ом бўлган электр плитқаси 120 В кучланишли занжирга уланган. Плитқа спиралидаги ток кучини топинг.
Жавоб и: 5 А.

7. 110 В кучланишли электр занжирга уланадиган электр плитқаси спирали учун олинган вихром симнинг кесими $0,15 \text{ мм}^2$. Ток кучи 5 А дан ошмаслиги керак бўлса, бундай симдан қандай узунликда олиш керак?

Жавоб и: 3 м.

37- §.

Қаршилиқларни кетма-кет улаш

Агар бир неча қаршилиқ улар орқали айни бир ток ўтадиган қилиб уланган бўлса, бундай уланиш кетма-кет улаш дейилади. Қаршилиқлари мос равишда R_1 ва R_2 бўлган икки ўтказгич кетма-кет уланган бўлсин (42- расм). Бу занжирнинг турли жойларига амперметр уласак, қаршилиқларни кетма-кет улашда занжирнинг ҳамма қисмларида ток кучи бир хил бўлишини (1- қоида), яъни

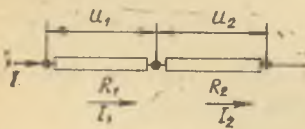
$$I_1 = I_2 = I$$

бўлишини кўрамыз.

Занжирнинг айрим қисмларидаги ва бутун занжир қисқичларидаги кучланишни улчаб, қаршилиқларни кетма-кет улашда бутун занжир қисқичларидаги кучланиш занжирнинг айрим қисмларидаги кучланишлар йиғиндисига тенг (2- қоида) бўлишига ишонч ҳосил қиламыз, яъни

$$U = U_1 + U_2.$$

Занжирнинг маълум бир қисмидаги кучланиш сон жиҳатидан 1 Қл зарядни шу қисмда кучиришда бажарилган ишга тенг экан-



42- расм.

нини билган ҳолда ҳам уша хулосага келиш мумкин эди.

1 Қл зарядни занжирнинг кетма-кет уланган барча қисмлари бўйлаб кўчиришда бажарилган иш айрим қисмларда бажарилган ишлар йиғиндисига тенг, бинобарин, $U = U_1 + U_2$.

Бутун ташқи занжир қаршилигини R билан белгилаб Ом қонунига асосан,

$$U = IR$$

деб ёзамиз. Ом қонунини айрим қисмларга қўллаб, қуйидагини ёзамиз:

$$U_1 = IR_1, U_2 = IR_2.$$

Бу икки тенгликнинг биринчисини иккинчисига бўламиз:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2},$$

яъни занжирнинг айрим қисмларидаги кучланиш бу қисмларнинг қаршиликларига тўғри пропорционал равишда тақсимланади (3-қоида). U_1 ни U_2 га қўшиб, қуйидаги тенгликни ҳосил қиламиз:

$$U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2).$$

$U_1 + U_2 = U$ эканини билган ҳолда

$$U = I(R_1 + R_2)$$

деб ёзамиз. Бу тенгликни $U = IR$ ифода билан таққослаб, $IR = I(R_1 + R_2)$ эканига ишонч ҳосил қиламиз, бундан

$$R = R_1 + R_2.$$

Агар занжирга қаршиликлари R_1 ва R_2 бўлган икки ўтказгич ўрнига қаршилиги R бўлган битта ўтказгич уласак, занжирда ток кучи ўзгармайди. Бу ҳолда R қаршилиқ икки ўтказгичнинг қаршилигига эквивалент қаршилиқ деб аталади. Эквивалент қаршилиқ умумий қаршилиқ деб ҳам юритилади.

Шундай қилиб, қаршилиқлар кетма-кет уланганда занжирнинг умумий қаршилиги уларнинг йиғиндисига тенг (4-қоида) эканини кўрамиз.

Занжирга n та бир хил R_0 қаршилиқ уланган хусусий ҳолда занжирнинг қаршилиги

$$R = n \cdot R_0$$

бўлади.

19- масала. Агар проекцион фонарь ёйининг нормал ёниги учун 48 В кучланишда 12 А ток кучи керак бўлса-ю, ёйни биз 120 В кучланишли занжирга улаётган бўлсак, ёйга қандай қўшимча қаршилик кетма-кет уланиши керак?

Б е р и л г а н:

$$\frac{U_1 = 48 \text{ В}; I = 12 \text{ А}; \quad U = 120 \text{ В.}}{R_{\text{қўш}} - ?}$$

Е ч и л и ш и

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) бутун ташқи занжирнинг қаршилиги

$$R = \frac{U}{I};$$

б) ёйнинг қаршилиги

$$R_1 = \frac{U_1}{I};$$

в) кетма-кет уланган қаршиликларнинг умумий қаршилиги $R = R_1 + R_{\text{қўш}}$. ёки $\frac{U}{I} = \frac{U_1}{I} + R_{\text{қўш}}$

г) қўшимча қаршилиқни топамиз:

$$R_{\text{қўш}} = \frac{U}{I} - \frac{U_1}{I} = \frac{U - U_1}{I};$$

2. Қўшимча қаршилиқни ҳисоблаймиз:

$$R_{\text{қўш}} = \frac{120 \text{ В} - 48 \text{ В}}{12 \text{ А}} = \frac{72 \text{ В}}{12 \text{ А}} = 6 \text{ Ом.}$$

20- масала. 110 В кучланишли занжирга ҳар бирининг қаршилиги 12 Ом дан бўлган 15 та лампочка улаш керак. Агар ҳар бир лампочкадаги кучланиш 6 В га тенг бўлса, лампочкаларга кетма-кет уланиши керак бўлган қўшимча қаршилик ва улар орқали ўтадиган ток кучини топиш.

Б е р и л г а н:

$$\frac{U_{\text{ум}} = 110 \text{ В}; \quad U_1 = 6 \text{ В}; \quad R_1 = 12 \text{ Ом}; \quad n = 15 \text{ ламп.}}{R_{\text{қўш}} - ?}$$

$$I - ?$$

Е ч и л и ш и

1. Қаршиликлар кетма-кет уланганда занжирдаги ток кучи ўзгармас бўлгани учун бу токни занжирнинг бир қисмига онд Ом қонунидан топиш мумкин:

$$I = \frac{U_1}{R_1}.$$

2. Кетма-кет уланган 15 лампочкадан тузлиган қисмдаги кучланишни аниқлаймиз:

$$U = U_1 n.$$

3. Қўшимча қаршилик учларидаги кучланишни ҳисоблаймиз:

$$U_{\text{ум}} = U + U_{\text{қўш}},$$

бундан

$$U_{\text{қўш}} = U_{\text{ум}} - U.$$

4. Қўшимча қаршиликни топамиз:

$$R_{\text{қўш}} = \frac{U_{\text{қўш}}}{I}.$$

5. Изланаётган катталикларни ҳисоблаймиз:

$$I = \frac{6 \text{ В}}{12 \text{ Ом}} = 0,5 \text{ А};$$

$$U = 6 \text{ В} \cdot 15 = 90 \text{ В}; U_{\text{қўш}} = 110 \text{ В} - 90 \text{ В} = 20 \text{ В};$$

$$R_{\text{қўш}} = \frac{20 \text{ В}}{0,5 \text{ А}} = 40 \text{ Ом};$$

21- масала. Реостат уланган занжирнинг кучланиши 120 В, ричаг контактдан контактга сурилганда қаршилиги $R_0 = 10$ Ом бўлган асбобдан ўтаётган ток кучи 2 А га ўзгаришини билган ҳолда, реостат секцияларининг қаршиликларини аниқланг (43- расм).

Б е р и л г а н:

$$R_0 = 10 \text{ Ом}; \quad U = 120 \text{ В}; \quad \Delta I = 2 \text{ А};$$

$$R_1 - ?$$

$$R_2 - ?$$

$$R_3 - ?$$

Е ч и л и ш и

1. Реостат узиб қўйилганда (ричаг 1 контактда турганда) занжирдаги ток кучи нимага тенг бўлишини топамиз:

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{120 \text{ В}}{10 \text{ Ом}} = 12 \text{ А}.$$

2. Реостатнинг биринчи секцияси уланганда (ричаг 2 контактга сурилганда) занжирдаги ток кучи нимага тенг бўлишини топамиз:

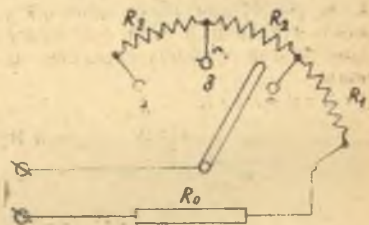
$$\Delta I = I_0 - I_1,$$

бундан

$$I_1 = I_0 - \Delta I = 12 \text{ А} - 2 \text{ А} = 10 \text{ А}.$$

3. Реостатнинг биринчи секцияси қаршилигини қуйидаги формуладан ҳисоблаймиз:

$$I_1 = \frac{U}{R_0 + R_1'}$$



43- расм.

бундан

$$R_0 + R_1 = \frac{U}{I_1}; \quad R_1 = \frac{U}{I_1} - R_0;$$

$$R_1 = \frac{120 \text{ В}}{10 \text{ А}} - 10 \text{ Ом} = 12 \text{ Ом} - 10 \text{ Ом} = 2 \text{ Ом}.$$

4. Реостатнинг 1 ва 2 секциялари уланганда (ричаг 3 контактга сурилганда) занжирдаги ток кучи нимага тенг бўлишини аниқлаймиз:

$$\Delta I = I_1 - I_2,$$

бундан

$$I_2 = I_1 - \Delta I = 10 \text{ А} - 2 \text{ А} = 8 \text{ А}.$$

5. Реостатнинг иккинчи секцияси қаршилигини

$$I_2 = \frac{U}{R_0 + R_1 + R_2}$$

формуладан ҳисоблаб топамиз, бундан

$$R_0 + R_1 + R_2 = \frac{U}{I_2}; \quad R_2 = \frac{U}{I_2} - (R_0 + R_1); \quad R_2 = \frac{120 \text{ В}}{8 \text{ А}} - (10 \text{ Ом} + 2 \text{ Ом}) = 15 \text{ Ом} - 12 \text{ Ом} = 3 \text{ Ом}.$$

6. Реостатнинг учта секцияси уланганда (ричаг 4 контактга сурилганда) занжирдаги ток кучи нимага тенг бўлишини топамиз:

$$\Delta I = I_2 - I_3, \text{ бундан } I_3 = I_2 - \Delta I; \quad I_3 = 8 \text{ А} - 2 \text{ А} = 6 \text{ А}.$$

7. Реостатнинг учинчи секцияси қаршилигини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$I_3 = \frac{U}{R_0 + R_1 + R_2 + R_3}, \text{ бундан } R_0 + R_1 + R_2 + R_3 = \frac{U}{I_3};$$

$$R_3 = \frac{U}{I_3} - (R_0 + R_1 + R_2);$$

$$R_3 = \frac{120 \text{ В}}{6 \text{ А}} - (10 \text{ Ом} + 2 \text{ Ом} + 3 \text{ Ом}) = 20 \text{ Ом} - 15 \text{ Ом} = 5 \text{ Ом}.$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлаб

1. Қаршиликларни қандай улаш кетма-кет улаш дейилади?

2. Қаршиликларни кетма-кет улаганда қандай тўртта қоидага риоя қилинади?

3. Занжирга 20, 5, 35 Ом қаршиликлар кетма-кет уланган. Ҳар бир қаршилик учларидаги кучланишни ва кетма-кет уланган бу қаршиликлардан иборат бутун қисмнинг умумий қаршилигини топинг. Занжирда ток кучи 2 А га тенг деб олинг.

Жавоб: 40 В; 10 В; 70 В; 120 В.

4. Иккита утказгич кетма-кет уланган. Биринчи утказгичнинг қаршилиги 6 Ом. Агар занжирдаги ток кучи 5 А га, кетма-кет уланган икки қаршиликдан иборат бутун қисм учларидаги кучланиш, 40 В га

тенг бўлса, иккинчи ўтказгичнинг қаршилиги нимага тенг бўлишини аниқланг.

Жавоби: 2 Ом.

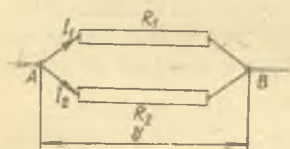
5. Кучланиши 120 В бўлган занжирга кетма-кет уланishi керак бўлган электр ёйига реостат тайёрлаш керак. Агар ёй қисқичларида кучланиш 45 В га, ёйдан ўтайдиган ток кучи эса 15 А га тенг бўлиши керак бўлса, кесими 2 мм² бўлган никелин симдан қандай узунликда олиш керак?

Жавоби: 25 м.

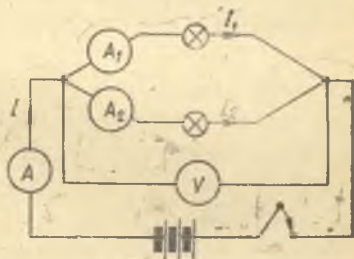
38- §.

Қаршиликларни параллел улаш

Қаршиликларни бир учлари бир *A* тугунга, иккинчи учлари иккинчи *B* тугунга келиб қўшиладиган қилиб улаш қаршиликларни параллел улаш дейилади (44- расм). Схемадан кўриниб турибдики, параллел уланган қаршиликлардан ҳар бирининг учларидаги кучланиш бутун қисм учларидаги кучланишга тенг (1-қоида).



44- расм.



45- расм.

Амперметрчи қисмнинг турли жойларига улаб, занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ток тармоқлардаги тоқлар йиғиндисига тенг эканлигини топиш мумкин (2-қоида):

$$I = I_1 + I_2$$

Параллел улашда ҳар бир ўтказгич токни мустақил ўтказди. Шунинг учун параллел уланган қаршиликлардан иборат бутун қисмнинг ўтказувчанлиги айрим қаршиликларнинг ўтказувчанликлари йиғиндисига тенг (3-қоида) эканлигига ишонч ҳосил қилиш осон.

Бу ҳодиса сувнинг трубаларда оқишига ўхшайди. Унда трубаларнинг сув ўтказиш қобилияти ҳар бир алоҳида труба-нинг сув ўтказиш қобилиятлари йиғиндисига тенг бўлади.

Агар $g = \frac{1}{R}$ — бутун параллел уланган қаршилиқларнинг ўтказувчанлиги, $g_1 = \frac{1}{R_1}$ ва $g_2 = \frac{1}{R_2}$ — айрим қаршилиқларнинг ўтказувчанлиқлари бўлса, шундай формула ёзиш мумкин:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ ёки } g = g_1 + g_2.$$

Бундай боғланишга математик йўл билан ҳам келиш мумкин.

Шундай бир тажриба ўтказайлик. 45-расмда кўрсатилган электр занжири тузамиз.

A_1 ва A_2 амперметрлар ҳар бир лампочкадан ўтаётган ток кучини кўрсатади. A амперметр эса бутун параллел уланган лампочкалардан ўтаётган умумий ток кучини кўрсатади. Унинг кўрсатиши ҳар бир тармоққа уланган икки амперметрнинг кўрсатишлари йиғиндисига тенг булади.

Ҳар бир қаршилиққа Ом қонунини алоҳида-алоҳида қўллаб, қуйидагини ёзиш мумкин:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \text{ ва } I_2 = \frac{U}{R_2},$$

худди шу қонунни бутун қаршилиги R бўлган бутун тармоқланган қисм учун қўллаб, қуйидагини ёзиш мумкин:

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

Биринчи икки тенгликни қўшамиз:

$$I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} \text{ ёки } I_1 + I_2 = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

Кирхгофнинг I қонунига кўра, $I_1 + I_2 = I$, шунинг учун сўнгги тенглик қуйидаги кўринишга келади:

$$I = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

Энди $I = \frac{U}{R}$ ва $I = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$ тенгликларни таққослаб,

$$\frac{U}{R} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

экан деган хулосага келамиз, бундан

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ ёки } g = g_1 + g_2.$$

Хосил қилинган бу формула шундай ўқилади: занжирнинг тармоқланган қисмининг ўтказувчанлиги унинг айрим тармоқлари ўтказувчанликлари йиғиндисиги тенг.

Агар $R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n = r$ бўлса, ўтказувчанлик формуласини татбиқ этиб, қуйидаги тенгликни ёзиш мумкин:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \dots + \frac{1}{r} =$$

n марта

$$= \frac{n}{r}.$$

Шундай қилиб, $\frac{1}{R} = \frac{n}{r}$, бундан $R = \frac{r}{n}$.

Параллел уланган тенг қаршиликлардан иборат бутун қисмининг қаршилиги бир тармоқнинг қаршилигидан n марта камдир.

Ҳар бир қаршилик учун Ом қонунини яна қўлаймиз:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad \text{ва} \quad I_2 = \frac{U}{R_2}.$$

Бир тенгликни иккинчисига бўлиб, қуйидаги муносабатни топамиз:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

Ўтказгичлар параллел уланганда тармоқлардаги ток кучлари тармоқларнинг қаршиликларига тескари пропорционалдир (4-қонда).

22-масала. Қаршиликлари 2, 3, 6 Ом бўлган учта ўтказгич параллел уланган ва кучланиши 90 В ли занжирга уланган. Умумий қаршилик ва умумий ток кучини топинг.

Берилган:

$$R_1 = 2 \text{ Ом}; \quad R_2 = 3 \text{ Ом}; \quad R_3 = 6 \text{ Ом}; \quad U = 90 \text{ В}.$$

$$R - ?$$

$$I - ?$$

Ечилиши

1. Параллел уланган қаршиликлардан иборат бутун қисмининг ўтказувчанлигини топамиз:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3};$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2 \text{ Ом}} + \frac{1}{3 \text{ Ом}} + \frac{1}{6 \text{ Ом}} = \frac{3+2+1}{6 \text{ Ом}} = \frac{6}{6 \text{ Ом}} = 1 \text{ См}.$$

2. Бутун қисмининг қаршилигини ҳисоблаймиз.

$$\frac{1}{R} = 1 \text{ См, бундан } R = \frac{1 \text{ Ом}}{1} = 1 \text{ Ом.}$$

3. Бутун қисмдаги ток кучини топамиз:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{90 \text{ В}}{1 \text{ Ом}} = 90 \text{ А.}$$

23-масала. 21 А га тенг бўлган ток кучи қаршилиги 3 ва 4 Ом бўлган икки тармоққа бўлинади. Тармоқлардаги ток кучини топинг.
Берилган:

$$I = 21 \text{ А; } R_1 = 3 \text{ Ом; } R_2 = 4 \text{ Ом.}$$

$$\frac{I_1 - ?}{I_2 - ?}$$

Ечилиши

1. Тармоқлардаги ток кучини параллел улашнинг 2-ва 4-қондаларига тегишли тенгламалар системасидан аниқлаймиз:

$$\left. \begin{aligned} I_1 + I_2 &= I; \\ \frac{I_1}{I_2} &= \frac{R_2}{R_1} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} I_1 &= I - I_2; \\ \frac{I - I_2}{I_2} &= \frac{R_2}{R_1}. \end{aligned}$$

$$I R_1 - I_2 R_1 = I_2 R_2; \quad I R_1 = I_2 (R_1 + R_2); \quad I_2 = \frac{I R_1}{R_1 + R_2}.$$

2. Токларни ҳисоблаб топамиз:

$$I_2 = \frac{21 \text{ А} \cdot 3 \text{ Ом}}{3 \text{ Ом} + 4 \text{ Ом}} = \frac{21 \text{ А} \cdot 3 \text{ Ом}}{7 \text{ Ом}} = 9 \text{ А.}$$

$$I_1 = 21 \text{ А} - 9 \text{ А} = 12 \text{ А.}$$

24-масала. Қаршилиги 4950 Ом бўлган гальванометрга қаршилиги гальванометр қаршилигининг 1/99 бўлагига тенг бўлган шунт уланган (46-расм). Шунт ва гальванометр параллел уланишининг умумий қаршилигини аниқланг.

Берилган:

$$R_2 = 4950 \text{ Ом; } R_{ш} = \frac{1}{99} R_2.$$

$$\frac{R - ?}{}$$

Ечилиши

1. Параллел уланган гальванометр ва шунтдан иборат қисм қаршилигини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{ш}}, \quad \text{ёки } \frac{1}{R} = \frac{R_{ш} + R_2}{R_{ш} \cdot R_2},$$

бундан

$$R = \frac{R_{ш} \cdot R_2}{R_{ш} + R_2} = \frac{R_2 \cdot R_2}{R_2 + 99 R_2} = \frac{R_2^2}{100 R_2}.$$

2. Умумий қаршиликни ҳисоблаймиз:

$$R = \frac{4950 \text{ Ом} \cdot 4950 \text{ Ом}}{100 \cdot 4950 \text{ Ом}} = 49,5 \text{ Ом}.$$

25-масала. Қаршилиги 0,04 Ом бўлган амперметрнинг кўрсатишларини 100 марта орттириш керак бўлса, бу амперметрга уланиши керак бўлган шунтнинг қаршилигини топинг (47- расм).

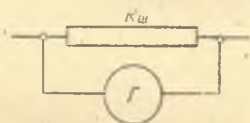
Берилган:

$$R_a = 0,04 \text{ Ом}; \quad R = 0,01 R_a$$

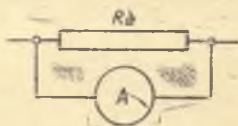
$$R_{ш} = ?$$

Ечилиши

Масаланинг шартига кўра, амперметрнинг кўрсатишлари 100 марта катталашини керак, бинобарин, амперметр билан шунтнинг умумий қаршилиги амперметрнинг ўзининг қаршилигидан 100 марта камайини керак



46- расм.



47- расм.

1. Шунтнинг қаршилигини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_{ш}}$$

бундан

$$\frac{1}{R_{ш}} = \frac{1}{R} - \frac{1}{R_a}$$

ёки

$$R_{ш} = \frac{R \cdot R_a}{R_a - R}$$

Ниҳоят

$$R_{ш} = \frac{0,01 R_a^2}{R_a(1 - 0,01)}$$

2. Шунт қаршилигини ҳисоблаймиз:

$$R_{ш} = \frac{0,01 \cdot (0,04 \text{ Ом})^2}{0,04(1 - 0,01) \text{ Ом}} \approx 0,0004 \text{ Ом}.$$

26-масала. Қаршилиги 50 Ом бўлган симни қисмларга бўлиб параллел улаганда умумий қаршилик 2 Ом бўлиши учун сим нечта тенг қисмга бўлиниши керак?

Берилган:

$$R_1 = 50 \text{ Ом}; R_{\text{ум}} = 2 \text{ Ом}.$$

$n = ?$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) симнинг бир қисмининг қаршилиги $r = \frac{R_1}{n}$;

б) ҳамма қисмлар параллел улашганда симнинг ҳамма қисмлари умумий қаршилиги

$$R_{\text{ум}} = \frac{r}{n} = \frac{\frac{R_1}{n}}{n} = \frac{R_1}{n^2};$$

в) симнинг тенг қисмлар сонини қуйидаги формуладан тспамиз:

$$n^2 = \frac{R_1}{R_{\text{ум}}}, \quad n = \sqrt{\frac{R_1}{R_{\text{ум}}}}$$

2. n ни ҳисоблаб чиқарамиз:

$$n = \sqrt{\frac{50 \text{ Ом}}{2 \text{ Ом}}} = \sqrt{25} = 5 \text{ (қисм)}.$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Қаршиликларни қандай улаш параллел улаш дейилади?

2. Қаршиликларни параллел улашда қандай тўртта қондага риоя қилиш керак?

3. Қаршиликлари 2, 4, 6 ва 8 Ом бўлган тўртта ўтказгич параллел улашиб, кучланиши 4, 8 В бўлган занжирга қўшилган. Умумий қаршилик ва умумий ток кучини топинг.

Жавоб: 0,96 Ом; 5А.

4. Кучи 80 А бўлган ток қаршиликлари 5 ва 11 Ом бўлган икки ўтказгичга тармоқланади. Ҳар бир ўтказгичдаги ток кучини, улардаги кучланишни ва умумий қаршиликни аниқланг.

Жавоб: 55 ва 25 А; 275 В; $3 \frac{7}{16}$ Ом $\approx 3,44$ Ом.

5. 120 В кучланишли ёритиш тармоғига 3 та лампа параллел уланди. Лампалардаги ток кучи мос равишда 0,5; 0,8 ва 1 А га тенг. Занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ток кучини, ҳар бир лампанинг қаршилигини ва уларнинг умумий қаршилигини топинг.

Жавоб: 2,3 А; 240 Ом; 150 Ом; 120 Ом; $\approx 52,2$ Ом.

6. Амперметрнинг шкаласи 2 А гача даражаланган. Унинг қаршилиги 0,01 Ом. Амперметр 20 А гача бўлган ток кучини ўлчаётган бўлиши учун унга қандай қаршиликли шунт улаш керак:

Жавоб: $1/900$ Ом = 0,00111 Ом.

39- §. Бутун занжирга оид Ом қонуни

Ток манбаи узук бўлганда бегона кучларнинг манба ичида зарядларни кучириш иши ҳисобига манбанинг потенциал энергияси тўпланади. Бу энергиянинг 1 Кл зарядга тўғри келган катталиги манбанинг электр юритувчи кучи (\mathcal{E}) га тенг бўлади.

Агар занжирни туташтирсак, манбанинг потенциал энергияси 1 Кл зарядни R қаршиликли ташқи занжирда кучиришдаги фойдали U ишга ва 1 Кл зарядни занжирнинг r_0 қаршиликли ички қисмида (манба ичида) кучиришдаги фойдали u ишга айланади.

Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунига мувофиқ

$$\mathcal{E} = U + u$$

деб ёзиш мумкин. Бу тенгликдан манбанинг электр юритувчи кучи занжирнинг ташқи ва ички қисмларидаги кучланиш пасайишлари йиғиндисига тенг бўлиши келиб чиқади.

Ом қонунига мувофиқ, занжирнинг ҳар бир қисми учун $U = IR$, $u = I r_0$ деб ёзиш мумкин, бу ерда r_0 — ички қисмнинг қаршилиги, бинобарин,

$$\mathcal{E} = IR + I r_0 \text{ ёки } \mathcal{E} = I(R + r_0),$$

бундан

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r_0}.$$

Бу формула бутун занжирга оид Ом қонунининг математик ифодасидир: занжирдаги ток кучи манбанинг электр юритувчи кучига тўғри пропорционал ва бутун занжирнинг қаршилигига тесқари пропорционалдир.

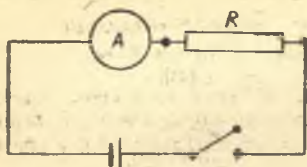
1- лаборатория иши

Электр энергияси манбаининг э. ю. к. ва ички қаршилигини аниқлаш

Асбоб ва материаллар: гальваник элемент; 2 А гача токка мўлжалланган ва бўлим қиймати 0,1 А бўлган ўзгармас ток амперметри; 3 В гача кучланишга мўлжалланган ва бўлим қиймати 0,1 В бўлган ўзгармас ток вольтметри; 10 Ом гача бўлган қаршиликлар магазини; калит; симлар.

Ишни бажариш тартиби:

1. Электр энергияси манбаини вольтметрга улаб, манбанинг э. ю. к. ни ўлчанг.



48-расм.

6. Барча ўлчаш ва ҳисоблаш натижаларини жадвалга ёзинг.

Тажриба №	\mathcal{E}	R	I	r	$r_{\text{ср}}$
1					
2					
3					
4					
5					

27-масала. Гальваник элементга вольтметр уланганда у 2 В ни кўрсатди, элементни қаршилиги 2 Ом бўлган сим билан туташтирилгач эса вольтметр 1 В ни кўрсатди. Элементнинг ички қаршилигини тошинг.

Берилган:

$$\mathcal{E} = 1,2 \text{ В}; R = 2 \text{ Ом}; U = 1 \text{ В}.$$

$$r_0 = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) занжирнинг бир қисмига оид Ом қонунига асосан, симдаги ток кучи

$$I = \frac{U}{R};$$

б) бутун занжирга оид Ом қонунига асосан, симдаги токнинг кучи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r_0};$$

в) ички қаршилиқни аниқлаш учун тенглама тузамиз:

$$\frac{\mathcal{E}}{R + r_0} = \frac{U}{R}, \text{ ёки } R + r_0 = \frac{\mathcal{E}R}{U};$$

буцдан

$$r_0 = \frac{\mathcal{E}R}{U} - R.$$

2. Схепада кўрсатилганидек қилиб занжир йиқинг ва қаршилиқ 5 Ом бўлганда занжирдаги ток кучини аниқланг (48-расм).

3. Бутун занжирга оид Ом қонунидан элементнинг ички қаршилигини ҳисобланг.

4. Бошқа қаршилиқлар билан ҳам тажриба ўтказиб, элементнинг ички қаршилигини ҳисобланг.

5. Элемент ички қаршилигининг ўртача қийматини ҳисобланг.

2. Иккй қаршиликни ҳисоблаймиз:

$$r_0 = \frac{1,2 \text{ В} \cdot 2 \text{ Ом}}{1 \text{ В}} - 2 \text{ Ом} = 2,4 \text{ Ом} - 2 \text{ Ом} = 0,4 \text{ Ом}.$$

28- масала. Гальваник элементни 0,2 Ом қаршиликли симга улаганда у 0,5 А ток кучи беради. Уша элемент 2,4 Ом қаршиликли бошқа симга уланганда у 0,25 А ток кучи беради. Элементнинг э.ю.к. ни ва ички қаршилигини топинг.

Берилган:

$$I_1 = 0,5 \text{ А}; R_1 = 0,2 \text{ Ом}; I_2 = 0,25 \text{ А}; R_2 = 2,4 \text{ Ом}.$$

$$\mathcal{E} = ?$$

$$r_0 = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) элементни биринчи симга улаганимизда занжирдаги ток кучи

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r_0}$$

формуладан аниқланади, бундан

$$\mathcal{E} = I_1 R_1 + I_1 r_0;$$

б) элементни иккинчи симга улаганимизда занжирдаги ток кучи

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r_0}$$

формула билан ҳисобланади, бундан

$$\mathcal{E} = I_2 R_2 + I_2 r_0;$$

в) ички қаршиликни аниқлаш учун тенглама тузамиз:

$$I_1 R_1 + I_1 r_0 = I_2 R_2 + I_2 r_0;$$

$$I_1 r_0 - I_2 r_0 = I_2 R_2 - I_1 R_1;$$

$$r_0 (I_1 - I_2) = I_2 R_2 - I_1 R_1;$$

$$r_0 = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}.$$

2. Миқдорларни ҳисоблаймиз:

$$r_0 = \frac{0,25 \cdot 2,4 - 0,5 \cdot 0,2}{0,5 - 0,25} = \frac{0,6 - 0,1}{0,25} = 2(\text{Ом});$$

$$\mathcal{E} = 0,5 \cdot 0,2 + 0,5 \cdot 2 = 1,1(\text{В}).$$

40- §.

Занжирнинг э.ю.к. га эга булган

қисмига оид Ом қонуни

Баъзи электр энергияси истеъмолчиларининг, масалан, аккумуляторлар, электр двигателлари ва бошқаларнинг ўзининг э.ю.к. бўлади. Бундай истеъмолчилар занжирга улан-

ганда уларнинг э. ю. к. лари истеъмолчининг қисқичларига берилган кучланишга қарши таъсир қилади, бунинг натижасида кучланиш э.ю.к. катталигича камаяди.

Истеъмолчининг ички қаршилигини R_0 билан, истеъмолчининг э. ю. к. ни, яъни тескари электр юритувчи кучни \mathcal{E} билан, истеъмолчи қисқичларига берилган кучланишни U билан, истеъмолчи орқали утаётган ток кучини I билан белгилаймиз.

Бу ҳолда ток истемолчига

$$U_1 = U - \mathcal{E}$$

кучланиш таъсирида боради. Занжирнинг бир қисмига оид Ом қонунига мувофиқ,

$$I = \frac{U_1}{R_0} \text{ ёки } I = \frac{U - \mathcal{E}}{R_0}$$

деб ёзиш мумкин.

Бу формула занжирнинг э. ю. к. га эга бўлган қисмига оид Ом қонунининг математик ифодасидир.

Занжирнинг тескари электр юритувчи кучга эга бўлган қисмида ток кучи бу қисмга берилаётган кучланиш билан э. ю. к. айирмасига тўғри пропорционал ва бу қисмининг қаршилигига тескари пропорционалдир.

Ички қаршилиги r_0 бўлган генераторда кучланиш пайиши $I r_0$ га тенг бўлгани учун занжирнинг генератор бўлган, яъни занжирнинг бошқа қисмига энергия берадиган қисмида $U = \mathcal{E} - I r_0$ бўлади. Шунинг учун Ом қонуни

$$I = \frac{\mathcal{E} - U}{r_0}$$

кўринишга келади, бу ерда \mathcal{E} — генераторнинг э. ю. к., U — генератор бўлган қисм учларидаги кучланиш.

Мисол кўрайлик. Аккумуляторни зарядлашда қисқичларига 2,2 В кучланиш берилган, аккумуляторнинг тескари электр юритувчи кучи эса 1,8 В га тенг. Агар аккумуляторнинг ички қаршилиги 0,08 Ом бўлса, ундан қандай ток ўтади?

Масаланинг шартидан:

$$U = 2,2 \text{ В}; \mathcal{E} = 1,8 \text{ В}; R_0 = 0,08 \text{ Ом.}$$

Масалани ечишда занжирнинг э.ю.к. га эга бўлган қисмига оид Ом қонуни формуласидан фойдаланамиз ва бу

формулага кирувчи катталикларнинг сон қийматларини қўйиб, ток кучини ҳисоблаб топамиз:

$$i = \frac{U - \mathcal{E}}{R_0} = \frac{2,2 \text{ В} - 1,8 \text{ В}}{0,08 \text{ Ом}} = 5 \text{ А.}$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Бутун занжирга сид Ом қонунининг моҳияти нимадан иборат?
2. Ток манбаининг э. ю. к. қандай улчанади?
3. Занжирнинг э. ю. к. га эга бўлган қисмига онд Ом қонунининг моҳияти нимадан иборат?

4. Э. ю. к. 1,5 В ва ички қаршилиги 2 Ом бўлган гальваник элемент қаршилиги 3 Ом бўлган сымга уланган. Занжирдаги ток кучини топинг.

Жавоби: 0,3 А.

5. Агар элементга 1,5 Ом қаршилик уланганда у 0,6 А ток кучи берса-ю, 2,5 Ом қаршилик уланганда эса 0,4 А ток кучи берса, элементнинг э. ю. к. ва ички қаршилиги нимага тенг бўлади?

Жавоби: 1,2 В; 0,5 Ом.

6. Э. ю. к. 1,5 В бўлган гальваник элемент занжиридаги ток кучи 0,4 А га тенг. Занжирнинг ташқи қисмида кучланиш пасайиши 1,2 В. Занжирнинг ташқи қисми қаршилиги ва элементнинг ички қаршилигини аниқлашг.

Жавоби: 3 Ом, 0,75 Ом.

7. Аккумуляторлар батареяси зарядлаш учун 12 В кучлавишли ўзгармас ток манбаига уланди ва бунда 11,7 В тескари электр юритувчи куч вужудга келди. Батареянинг ички қаршилиги 0,15 Ом. Зарядлаш токининг кучини аниқланг.

Жавоби: 2 А.

41- §.

Электр токининг иши

Кундалик турмушимиздан электр токининг турли ишлар бажара олишини, масалан, трамвай, троллейбус, электр поезд, станок, кўтариш крани, кесиш машиналари ва насослар электр двигатели ёрдамида ишлашини биламиз.

Электр энергияси ихтиёрый бошқа тур энергияларга осон айлантирилиши мумкин. Электр энергиясининг бошқа тур энергияларга айланишига электр зарядини занжир бўйлаб ҳаракатлантирувчи электр майдони кучларининг иши ўлчов бўлади.

Занжирнинг ташқи қисмида кучланиш пасайиши U га тенг бўлсин. Бу эса генератор электр майдонининг 1 Кл зарядни занжирнинг берилган қисмида кўчиришда бажарган иши U кучланишга тенг эканини билдиради.

q кулон зарядни занжирнинг шу қисмида кўчиришда бажарилган иш $A = Uq$ бўлади. Бироқ $q = It$, шунинг учун

$$A = UIt.$$

Ўзгармас токнинг занжирнинг бир қисмида бажарган ишни шу қисм учларидаги кучланишни ундан оқайтган токка ҳамда шу ток ўтиб турган вақтга кўпайтмасига тенг.

Агар кучланиш вольт ҳисобида, ўтган электр миқдори кулон ҳисобида ўлчанса, $A = Uq$ формуладан ишнинг бирлиги 1 жоуль (Ж) бўлиши келиб чиқади, яъни

$$1 \text{ Ж} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ Кл.}$$

Агар кучланиш вольт ҳисобида, ток кучи ампер ҳисобида, вақт эса секунд ҳисобида ўлчанса, $A = UIt$ формуладан ишнинг бирлиги

$$1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с} = 1 \text{ Ж}$$

бўлиши келиб чиқади.

Ўз навбатида $1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А} = 1$ ватт (Вт). 1000 ватт 1 киловатт (кВт) бўлади. Агар вақт секунд ҳисобида эмас, соат ҳисобида (кўпинча амалда шундай қилиш қулай бўлади) ўлчанса, ишнинг бирлиги

$$[A] = 1 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ соат} = 1 \text{ кВт} \cdot \text{соат} \text{ (киловатт-соат)}, \\ 1 \text{ кВт} \cdot \text{соат} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ж}$$

бўлади.

Ток бажарган иш махсус автоматик асбоблар (электр сўчтиклар) билан ўлчанади, улар ишни киловатт-соат ҳисобида қайд қилади. Электр энергияси бирлигининг нархи тариф деб юритилади. Шаҳарларда тариф 1 кВт·соатга 4 тийиндир.

29-масала. Электр плитканинг қаршилиги 24 Ом бўлиб, 5 А ток кучи олади. Агар плитка бир ой давомида ҳар куни 2 соат ишлатилса, бир ойга электр энергияси учун қанча пул тулаш керак? 1 кВт·соат энергия 4 тийин туради.

Берилган:

$$R = 24 \text{ Ом}; I = 5 \text{ А}; t = 2 \text{ соат} \cdot 30; 1 \text{ кВт} \cdot \text{соат} = 4 \text{ тийин.}$$

Энергияга туладиган пул

x — ?

Ечилиши

1. Бир ой давомида ток бажарган ишни аниқлаймиз: $A = UIt$, $U = IR$ (Ом қонунидан), демак, $A = I^2 Rt$;

$$A = 5^2 \cdot A^2 \cdot 24 \text{ Ом} \cdot 2 \cdot 30 \text{ соат} = 25 \cdot 24 \cdot 60 \frac{\text{А}^2 \cdot \text{В} \cdot \text{соат}}{\Lambda} =$$

$$= 3600 \text{ Вт} \cdot \text{соат} = 36 \text{ кВт} \cdot \text{соат}.$$

2. Электр энергиясига тўланадиган пулли ҳисоблаймиз:

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{соат} — 4 \text{ тийин}$$

$$36 \text{ кВт} \cdot \text{соат} — x$$

$$x = \frac{4 \text{ тийин} \cdot 36 \text{ кВт} \cdot \text{соат}}{1 \text{ кВт} \cdot \text{соат}} = 4 \text{ тийин} \cdot 36 = 144 \text{ тийин} =$$

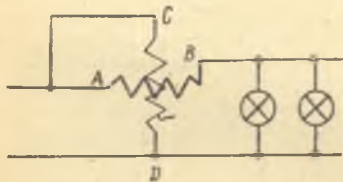
$$= 1 \text{ сум} 44 \text{ тийин}.$$

42- §.

Электр токининг қуввати

Занжирнинг маълум бир қисмида электр энергиясининг бошқа тур энергияларга айланиш тезлигини характерловчи катталиқ токнинг қуввати дейилади.

Қувват бажарилган ишнинг шу иш бажарилган вақтга нисбати билан ўлчанади. Агар P — токнинг қуввати, A — токнинг иши, t — токнинг ўтиб туриш вақти бўлса, қувватни бундай ифодалаш мумкин:



49- расм.

$$P = \frac{A}{t}.$$

Бироқ $A = UI$, шунинг учун

$$P = \frac{UIt}{t} = UI \text{ ёки } P = UI.$$

Занжирнинг бир қисмида токнинг қуввати шу қисм учларидаги кучланиш билан қисмдан ўтаётган ток кўпайтмасига тенг.

СИ системасида қувват бирлиги

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ В}.$$

Қувватнинг янада йирикроқ бирлиги 1 киловатт (1 кВт):

$$1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт}.$$

Агар ўзгармас ток занжирига амперметр ва вольтметр улаб, уларнинг кўрсатишларини ёзиб олсак, бу катталиқларни кўпайтириб занжирнинг шу қисмидаги қувватни топамиз. Ток қувватини ваттметр деб аталадиган махсус

асбоб билан ҳам ўлчаш мумкин, ваттметрда амперметр ва вольтметр принциплари мужассамланган бўлади. 49-расмда ваттметрни (электродинамик ваттметр) занжирга улаш схемаси кўрсатилган, бу ерда АВ қўзғалмас ғалтак — ток ғалтаги энергия истеъмолчиларига (лампочкаларга) кетма-кет, CD қўзғалувчан ғалтак, яъни кучланиш ғалтаги эса лампочкаларга параллел уланган.

2- лаборатория иши

Чўғланма лампочка қувватининг лампочка қисқичларидаги кучланишга боғланишини текшириш

Асбоб ва материаллар: 8 В ли аккумулятовлад батареяси; 8 В га мўлжалланган патронли электр лампочка; сирпаъувчи контактли реостат; 5 А га мўлжалланган, бўлим қиймати 0,1 А бўлган ўзгармас ток амперметри; 30 В гача кучланишга мўлжалланган ўзгармас ток вольтметри, бўлим қиймати 0,1 В; снмлар; калит.

Ишни бажариш тартиби:

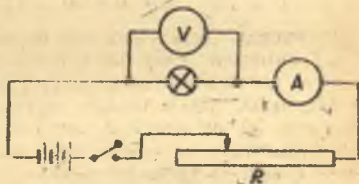
1. 50- расмда кўрсатилган схемага қараб занжир тузинг.

2. Занжирни туташтиринг ва лампа қисқичларидаги энг катта кучланишни ва занжирдаги ток кучини ўлчанг, сўнгра ток қувватини ҳисобланг.

3. Лампа қисқичларидаги кучланишни реостат ёрдамида камайтиринг ва занжирдаги ток кучини ўлчанг, сўнгра эса токнинг қувватини ҳисобланг.

4. Қисқичлардаги кучланишни камайтириб, бир неча тажриба ўтказинг ва ҳар гал ток қувватини ҳисобланг.

5. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижаларини жадвалга ёзинг:



50- расм.

Тажриба №	U	I	P
1			
2			
3			
4			
5			

6. Лампа қувватининг унинг қисқичларидаги кучланишга боғланиш графигини ясанг.

30- масала. 0,4 Ом қаршиликда 0,25 кВт қувват ютилалаи. Занжирдаги ток кучини ва бу қаршиликда кучланиш пасайишини аниқланг.

Берилган:

$$R = 0,4 \text{ Ом}; P = 0,25 \text{ кВт} = 250 \text{ Вт.}$$

$$I = ?$$

$$U = ?$$

Ечилиши

1. Ток кучини аниқлаймиз: $P = UI$, бироқ $U = IR$, шунинг учун $P = I^2 R$, буидан

$$I^2 = \frac{P}{R},$$

ёки

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}.$$

2. Изланаётган миқдорларни ҳисоблаб топамиз: занжирдаги ток кучи

$$I = \sqrt{\frac{250 \text{ Вт}}{0,4 \text{ Ом}}} = \sqrt{625 \frac{\text{А} \cdot \text{В}}{\text{Ом}}} = \sqrt{625 \text{ А}^2} = 25 \text{ А};$$

қаршиликда кучланишнинг пасайиши

$$U = IR = 25 \text{ А} \cdot 0,4 \text{ Ом} = 10 \text{ В.}$$

31-масала. Устахонага ҳар бирининг қуввати 2,2 кВт бўлган 10 та мотор ўрнатилган. Улар 220 В кучланишли тармоққа параллел уланган, 1) Битта мотордаги ток кучини; 2) барча моторлардаги ток кучини; 3) устахонадан 200 м узоқда турган генератор қисқичларидаги кучланишни (ток 50 мм² кесимли мис симлардан боради деб олинг); 4) симларда қувватнинг исрофини аниқланг (қувват исрофини моторларнинг умумий қувватига нисбатан процент ҳисобида ифодаланг).

Берилган:

$$U = 220 \text{ В}; P_1 = 2,2 \text{ кВт} = 2200 \text{ Вт}; n = 10;$$

$$l = 400 \text{ м (викнта сим)}; S = 50 \text{ мм}^2 = 50 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

$$\rho = 0,018 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

$$I_1 = ? \quad I = ? \quad U = ?$$

$$\frac{P_{\text{иср}}}{P} \cdot 100\% = ?$$

Ечилиши

1. Битта мотордан ўтувчи токнинг кучини аниқлаймиз:

$$I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{2200 \text{ Вт}}{220 \text{ В}} = 10 \text{ А.}$$

ёнди 10 та мотордан ўтувчи токнинг кучини аниқлаймиз:

$$I = I_1 \cdot n = 10 \text{ А} \cdot 10 = 100 \text{ А.}$$

2. Симларнинг қаршилигини ҳисоблаймиз:

$$R = \frac{\rho l}{S} = \frac{0,018 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot 400 \text{ м}}{50 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = 0,144 \text{ Ом.}$$

3. Симларда кучланиш пасайишини топамиз:

$$u = IR = 100 \text{ А} \cdot 0,144 \text{ Ом} = 14,4 \text{ В.}$$

Генератор қисқичларида кучланиш пасайишини топамиз:

$$U_1 = U + u = 220 \text{ В} + 14,4 \text{ В} = 234,4 \text{ В}.$$

4. Симларда исроф бўлган қувватни аниқлаймиз:

$$P_{\text{иср}} = Iu = 100 \text{ А} \cdot 14,4 \text{ В} = 1440 \text{ Вт} = 1,44 \text{ кВт}.$$

Барча моторларнинг қувватни аниқлаймиз:

$$P = P_1 \cdot n = 2,2 \text{ кВт} \cdot 10 = 22 \text{ кВт}.$$

5. Исроф бўлган қувватнинг моторларнинг умумий қувватига нисбатини процент ҳособида аниқлаймиз:

$$\frac{P_{\text{иср}}}{P} \cdot 100\% = \frac{1,44 \text{ кВт}}{22 \text{ кВт}} \cdot 100\% \approx 6,54\%.$$

32- масала. Электровоз 54 км/соат тезлик билан ҳаракатланаётганда ўртача 7000 кг тортиш кучи ҳосил қиляпти. Агар линиядаги кучланиш 1500 В, двигателнинг ф. и. к. 92% бўлса, истеъмол қилинаётган ток кучи нимага тенг бўлишини топинг.

Б е р и л г а н:

$$\eta = 0,92; v = 54 \text{ км/соат} = 15 \text{ м/с}.$$

$$F_{\text{ўр}} = 7000 \text{ кг(куч)} = 9,8\text{Н} \cdot 7000 = 68600 \text{ Н};$$

$$U = 1500 \text{ В}.$$

$$I = ?$$

Е ч и л и ш и

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) двигателнинг фойдали механик куввати

$$N_{\text{ф}} = F_{\text{ўр}} \cdot v \left(\frac{\text{Ж}}{\text{с}} \right) = F_{\text{ўр}} \cdot v \text{ (Вт)};$$

б) двигателнинг сарф қилган электр қуввати

$$P_{\text{сарф}} = UI \text{ (Вт)};$$

в) двигателнинг фойдали электр қуввати

$$P_{\text{ф}} = P_{\text{сарф}} \cdot \eta = UI\eta \text{ (Вт)};$$

г) истеъмол қилинадиган ток катталигини аниқлаш учун тенглама тузамиз:

$$P_{\text{ф}} = N_{\text{ф}}$$

ёки

$$UI\eta = F_{\text{ўр}} \cdot v,$$

бундан

$$I = \frac{F_{\text{ўр}} \cdot v}{U \cdot \eta}.$$

2. Ток кучини ҳисоблаймиз:

$$I = \frac{68600 \text{ Н} \cdot 15 \text{ м/с}}{1500 \text{ В} \cdot 0,92} = 745,6 \text{ А} \approx 746 \text{ А}.$$

33-масала. Квартирада қуввати 40 Вт ли 2 та, 60 Вт ли 1 та ва 100 Вт ли 1 та электр лампочкаси, 600 Вт ли электр плиткаси ва 400 Вт ли электр чойнағи бор. Лампалар суткасига 6 соат, плитка 3 соат, чойнак 1 соат ишлайди. Бир ойда сарф буладиган энергияни ва 1 соат учун 4 тийин тарифга мувофиқ унга қанча пул тўланишини тонинг.

Берилган:

$$N_1 = 40 \text{ Вт} \cdot 2 = 80 \text{ Вт}; N_2 = 60 \text{ Вт}; N_3 = 100 \text{ Вт}; \\ N_4 = 600 \text{ Вт}; N_5 = 400 \text{ Вт}; t_1 = 6 \text{ соат} \cdot 30 = 180 \text{ соат}; \\ t_2 = 3 \text{ соат} \cdot 30 = 90 \text{ соат}; t_3 = 1 \text{ соат} \cdot 30 = 30 \text{ соат}, \\ 1 \text{ кВт} \cdot \text{соат} = 4 \text{ тийин}.$$

А — ?

Энергияга тўланадиган пул x — ?

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) барча лампалардан ўтаётган ток қуйидагича иш бажаради:

$$A_1 = (N_1 + N_2 + N_3) t_1$$

б) плиткада.

$$A_2 = N_4 t_2;$$

в) чойнакда

$$A_3 = N_5 t_3;$$

г) токнинг тўлиқ иши

$$A = A_1 + A_2 + A_3 = (N_1 + N_2 + N_3) t_1 + N_4 t_2 + N_5 t_3.$$

2. Бир ойда сарфланган энергияни ҳисоблаймиз:

$$A = (80 \text{ Вт} + 60 \text{ Вт} + 100 \text{ Вт}) \cdot 180 \text{ соат} + 600 \text{ Вт} \cdot 90 \text{ соат} + \\ + 400 \text{ Вт} \cdot 30 \text{ соат} = 43200 \text{ Вт} \cdot \text{соат} + 54000 \text{ Вт} \cdot \text{соат} + \\ + 12000 \text{ Вт} \cdot \text{соат} = 109200 \text{ Вт} \cdot \text{соат} = 109,2 \text{ кВт} \cdot \text{соат}.$$

3. Энергияга тўланадиган пулни ҳисоблаймиз:

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{соат} = 4 \text{ тийин}.$$

$$109,2 \text{ кВт} \cdot \text{соат} = x \text{ тийин}$$

$$x = \frac{4 \text{ тийин} \cdot 109,2 \text{ кВт} \cdot \text{соат}}{1 \text{ кВт} \cdot \text{соат}} = 4 \text{ тийин} \cdot 109,2 = 436,8 \text{ тийин} = \\ = 4 \text{ сўм } 37 \text{ тийин}.$$

34-масала. Массаси 900 кг бўлган лифт ўртача 0,44 м/с тезлик билан кўтарилади. Мотор қисқичларидаги кучланиш 220 В га тенг, унинг η эса 90%. Мотор сарфлаётган қувватни ва ток кучини топинг.

Берилган:

Қаракатга кўрсатилаётган қаршилик кучи

$$F_{\text{кўр}} = mg = 900 \cdot 9,8 \text{ Н} = 8820 \text{ Н}; v_{\text{ўр}} = 0,44 \text{ м/с}; \\ U = 220 \text{ В}; \eta = 0,9.$$

$$P_{\text{сарф}} = ? \quad I = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) двигатель сарфлаётган электр қуввати

$$P_{\text{сарф}} = UI \text{ (Вт);}$$

б) двигательнинг фойдали электр қуввати

$$P_{\text{ф}} = P_{\text{сарф}} \cdot \eta = UI\eta \text{ (Вт);}$$

в) двигательнинг фойдали механик қуввати

$$N_{\text{ф}} = F_{\text{кар}} \cdot v_{\text{др}} \left(\frac{\text{Ж}}{\text{с}} \right) = F_{\text{кар}} \cdot v_{\text{др}} \text{ (Вт);}$$

г) истеъмол қилинаётган ток кучини аниқлаш учун тенглама тузимиз:

$$P_{\text{ф}} = N_{\text{ф}} \text{ ёки } UI\eta = F_{\text{кар}} \cdot v_{\text{др}},$$

бундан

$$I = \frac{F_{\text{кар}} \cdot v_{\text{др}}}{U \cdot \eta}.$$

2. Истеъмол қилинаётган ток кучини ҳисоблаймиз:

$$I = \frac{8820 \text{ Н} \cdot 0,44 \text{ м/с}}{220 \text{ В} \cdot 0,9} = 19,6 \frac{\text{Ж}}{\text{с} \cdot \text{В}} = 19,6 \frac{\text{А} \cdot \text{В} \cdot \text{с}}{\text{с} \cdot \text{В}} = 19,6 \text{ А}.$$

3. Сарф бўлаётган қувватни ҳисоблаймиз:

$$P_{\text{сарф}} = UI = 220 \text{ В} \cdot 19,6 \text{ А} = 4312 \text{ Вт} \approx 4,3 \text{ кВт}.$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Занжирнинг бир қисмида ўзгармас токнинг иши нимага тенг бўлади?

2. Токнинг иши қандай бирликлар билан ўлчанади?

3. Токнинг қуввати деб нимага айтилади?

4. Ўзгармас токнинг қуввати нимага тенг?

5. Ток қуввати қандай бирликлар билан ўлчанади?

6. 5 А ток кучининг 120 В кучланишда 5 минутда бажарган ишми аниқланг ва уни киловатт-соат ҳисобида ифодаланг.

Жавоб и: 0,05 кВт·соат.

7. Истеъмолчиларнинг қаршиликлари, қисқичларидаги кучланишлар ва қувватлари куйидагича боғланган эканини исботланг:

$$R_1 : R_2 = \frac{U_1^2}{P_1} : \frac{U_2^2}{P_2}.$$

8. Пайвандланган машинасининг электродларидаги кучланиш 60 В, сқаётган ток кучи 120 А. Ёйнинг қаршилигини ва ток қувватини топинг.

Жавоб и: 6,5 Ом; 7,2 кВт.

9. Электр мотори 127 В кучланишда 10 А ток кучи истеъмол қилиб, 1,6·736 Вт қувватга эришади. Моторнинг фойдали иш коэффициентини аниқланг.

Жавоб и: $\approx 92,7\%$.

10. Ички ёнув двигатели билан ишлайдиган электр станцияси 1 кВт·соат электр энергияси учун 0,3 кг нефть сарфлайди. Бу нефтнинг иссиқлик бериш қобилияти $46,2 \cdot 10^6$ Ж/кг. Электр станциясининг ф. и. к. ни топинг.

Жавоб: $\approx 26,2\%$.

11. Қуввати 600 Вт бўлган электр иситгичи 120 В кучланишга мулжалланган. Иситгич ясалган никелин симнинг кўндаланг кесим юми $0,2 \text{ мм}^2$ бўлса, бундай симдан қанча олиш керак?

Жавоб: 12 м.

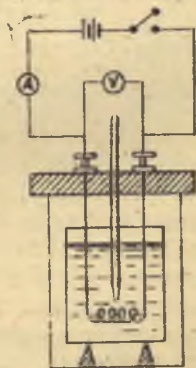
43-§.

Токнинг иссиқлик таъсири.
Ленц—Жоуль қонуни

Ўтказгичдан ўтаётган электр токи уни қиздиради. Истеъмолчиларга (мотор, электр лампочкалари ва ҳоказо) ток келтирувчи симларнинг қизишига сарф бўладиган энергия фойдасиз кетади. Бу исрофларни камайтириш, айниқса электр энергиясини узоқ масофаларга узатишда бунга эришиш электротехниканинг энг муҳим вазифасидир. Бироқ фойдали мақсадларда ҳам электр энергиясини иссиқликка айлантириш мумкин. Масалан, токнинг иссиқлик таъсиридан металлларни электр билан пайванд қилишда пайванд аппаратларида, эрувчан сақлагичларда (пробкаларда), иссиқлик таъсирига асосланган ўлчов асбобларида (амперметр, вольтметр, пирометрлар), температуранинг автоматик равишда соzлайдиган қурилмаларда, электр қовия, плитка, чойнак, дз-мол, шунингдек, металлларнинг нурланиши (электр лампочка) ёки кўмирнинг нурланишида (электр ёйи) ва ҳоказоларда фойдаланилади.

1840 йилда рус академиги Э. Х. Ленц турли ҳолларда ток ажратиб чиқарган иссиқлик миқдорини тажрибада ўлчади. Шу йилларда ундан мустақил ҳолда инглиз олими Жоуль ҳам шундай тадқиқотлар ўтказди. Улар кашф этган қонун электротехниканинг ривожланиши, жумладан, чўғланма электр лампочкаси ва электр пайвандни ихтиро қилишда катта роль ўйнади.

Агар тоза сувли калориметрга сим спираль туширилиб (51-расм), амперметр ва вольтметр билан ток кучи ва кучланиш ўлчанса, секундомер ёрдами-



51-расм.

да токнинг ўтиб туриш вақти белгиланса, токнинг ишини қўйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$A = UIt.$$

Калориметр ва сувнинг массаси, уларнинг солиштирма иссиқлик сифимлари, иситишда температура орттирмаси маълум бўлса, ток ажратиб чиқарган иссиқликни ҳисоблаш мумкин:

$$Q = (c_1m_1 + c_2m_2) \cdot \Delta t,$$

бу ерда c_1 ва c_2 — сувнинг ва калориметрнинг солиштирма иссиқлик сифимлари, m_1 — сувнинг массаси, m_2 — калориметрнинг массаси, $\Delta t = t_2 - t_1$ — температура орттирмаси.

Бў ҳолда токнинг бутун иши иссиқлик чиқишига кетади, шунинг учун

$$Q = A = UIt$$

деб ёзиш мумкин.

Бу тажрибалар асосида улар Ленц—Жоуль қонуни деб аталадиган қонун кашф қилдилар: *токнинг ўтказгичда ажратиб чиқарган иссиқлик миқдори ток кучига, унинг ўтиб туриш вақтига ва кучланиш пасайишига пропорционал.*

Охири формулада UI кўпайтмани P қувват билан алмаштирамиз, у ҳолда

$$Q = Pt.$$

Агар $Q = UIt$ формулада U ўрнига IR қўйсак,

$$Q = I^2Rt$$

булади, бу ерда I — А ҳисобида, R — Ом ҳисобида, t — секунд, Q — Ж ҳисобида ифодаланган.

Ленц—Жоуль қонунининг бу шакли амалда кўп ишлатилади.

Занжирнинг бир қисмида ток ажратиб чиқарган иссиқлик миқдори ток кучининг квадратига, қисмнинг қаршилигига ва токнинг ўтиб туриш вақтига тўғри пропорционалдир.

Металл ўтказгичдан ток ўтганда унинг қизишининг сабаби нимада? Ўтказгичда ток бўлмаганда ундаги эркин электронлар тартибсиз ҳаракатланади ва кристалл панжаранинг ионларига тўқнашиб, улар билан энергия алмашади. Эркин электронларнинг ионларга берадиган энергияси ўрта ҳисобда ионларнинг электронларга шу вақт давомида бераётган энергиясига тенг булади. Бу ҳолда эркин электрон-

лар системаси билан панжарадаги ионлар системаси ўртасида иссиқлик мувозанати юзага келади.

Ўтказгичдан ток ўтаётганда электронлар тартибли ҳаракатга келади. Электронлар кристалл панжарадаги ионлар билан тўқнашади ва уларга кўпроқ энергия беради-ю, лекин улардан камроқ энергия олади. Электронлар энергиясининг камайиши электр майдони энергияси ҳисобига тезда тикланади. Бунинг натижасида эркин электронлар системаси билан панжарадаги ионлар системаси ўртасидаги иссиқлик мувозанати бузилади. Ўтказгичнинг ички энергияси ортади ва ўтказгич билан атроподаги муҳит ўртасида иссиқлик мувозанати юзага келмагунча ўтказгичнинг температураси кўтарила боради.

35-масала. Қаршиликлари 5 ва 10 Ом бўлган икки ўтказгич кетма-кет уланиб, занжирга қўшилган. Биринчи ўтказгичда 100 Ж иссиқлик чиққан. Худди шу вақт ичида иккинчи ўтказгичда қанча иссиқлик ажралиб чиқади?

Берилган:

$$R_1 = 5 \text{ Ом}; \quad R_2 = 10 \text{ Ом}; \quad I_1 = I_2 = I; \quad t_1 = t_2 = t;$$

$$Q_1 = 100 \text{ Ж} = 0,1 \text{ кЖ}.$$

$$Q_2 = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) биринчи ўтказгичда ажралиб чиқадиган иссиқлик

$$Q_1 = I^2 R_1 t;$$

б) иккинчи ўтказгичда ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдори

$$Q_2 = I^2 R_2 t;$$

в) биринчи тенгликни иккинчи тенгликка бўлиб, Q_2 ни аниқлайдиган формула чиқарамиз:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{I^2 R_1 t}{I^2 R_2 t} \text{ ёки } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}.$$

Ўтказгичларни кетма-кет улаганда ўтказгичда ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдори унинг қаршилигига тўғри пропорционал бўлиши бу формуладан кўриниб турибди.

Ниҳоят иккинчи ўтказгичда ажралиб чиққан иссиқликни топамиз:

$$Q_2 = \frac{Q_1 R_2}{R_1}.$$

2. Q_2 ни ҳисоблаймиз:

$$Q_2 = \frac{0,1 \text{ кЖ} \cdot 10 \text{ Ом}}{5 \text{ Ом}} = 0,2 \text{ кЖ}.$$

36-масала. Қаршиликлари 5 ва 10 Ом бўлган икки ўтказгич параллел уланиб, занжирга қўшилган. Биринчи ўтказгичда 100 Ж иссиқлик

миқди. Худди шу вақт ичида иккинчи ўтказгичда қанча иссиқлик ажралиб чиқади?

Берилган:

$$R_1 = 5 \text{ Ом}; \quad R_2 = 10 \text{ Ом}; \quad U_1 = U_2 = U$$
$$t_1 = t_2 = t; \quad Q_1 = 100 \text{ Ж} = 0,1 \text{ кЖ}.$$

$$Q_2 = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) биринчи ўтказгичда ажралиб чиққан иссиқлик миқдори

$$Q_1 = \frac{U^2 t}{R_1};$$

б) иккинчи ўтказгичда ажралиб чиққан иссиқлик миқдори

$$Q_2 = \frac{U^2 t}{R_2};$$

в) биринчи тенгликни иккинчисига бўлиб, Q_2 ни аниқлаш учун формула ҳосил қиламиз:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

Параллел уланган ўтказгичларда ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдори уларнинг қаршилигига тескари пропорционал бўлиши бу формуладан кўриниб турибди. Ниҳоят, Q_2 ни топамиз:

$$Q_2 = \frac{Q_1 R_1}{R_2}.$$

Уни ҳисоблаймиз:

$$Q_2 = \frac{0,1 \text{ кЖ} \cdot 50 \text{ Ом}}{10 \text{ Ом}} = 0,05 \text{ кЖ}.$$

37- масала. Қуввати 600 Вт бўлган электр чойнагида 1 л сувнинг қанча вақт ичида 20 дан 100°C гача иситилини аниқланг. Чойнакнинг ф. и. к. 80%.

Берилган:

$$m = 1 \text{ кг}; \quad c = 4186,8 \text{ Ж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}); \quad t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t_2 = 100^\circ\text{C};$$
$$P = 600 \text{ Вт}; \quad \eta = 0,8.$$

$$t = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) ток чиқарган фойдали иссиқлик (жоуль ҳисобида)

$$Q_1 = Pt\eta;$$

б) сувнинг ютган фойдали иссиқлиги

$$Q_2 = cm(t_2 - t_1);$$

в) иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$Q_1 = Q_2 \text{ ёки } Pt\eta = cm(t_2 - t_1);$$

г) сувнинг иссиқ вақтини топамиз:

$$t = \frac{cm(t_2 - t_1)}{P\eta}.$$

2. Вақтни ҳисоблаймиз:

$$t = \frac{4186,8 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 1 \text{ кг} (100 - 20)^\circ\text{C}}{600 \text{ Вт} \cdot 0,8} = \frac{334944 \text{ Ж}}{600 \cdot 0,8 \text{ Ж/с}} = 697 \text{ с} = 11 \text{ мин } 37 \text{ с}.$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Ленц—Жоуль қонунининг моҳияти нима?

2. Ленц—Жоуль қонунини қандай формулалар билан ифодалаш мумкин?

3. Электр плиткасининг спирали қисқартирилди. Агар уни ўша кучланишли тармоққа уланса, плитканинг чўғланиш даражаси ўзгарадими ва қандай ўзгаради?

4. Нима учун ёритиш тармоғининг ёмон уланган жойлари ток ўтганда қизиб кетади?

5. Электр плиткаси спиралининг куйиб кетган учларини темир ёки алюминий пластинка ичида сиқиб, пластинка билан улаш таъсия қилинади. Нима учун шундай қилинади?

6. Спирали қисқартирилган плитка қувватни кўп сарфлайдими ёки кам сарфлайдими?

7. Нима учун электр кофияга ток келтирувчи симлар кофиядаги спираль сингари қаттиқ қизиб кетмайди?

8. Агар қаршилиги 5 Ом бўлган ўтказгичдан 20 минут давомида 4 А ток ўтиб турса, ўтказгичда қанча иссиқлик миқдори ажралади?

Жавоб и: 96 кЖ.

9. Ҳузунлиги ва кесми тенг бўлган темир ва никелин сим занжирга параллел уланган. Бир хил вақт давомида ток ўтганда уларнинг қайси бирида иссиқлик кўп ажралади ва неча марта кўп чиқади?

Жавоб и: Темир симда никелин симдагига қараганда 3 марта кўп иссиқлик чиқади.

10. 10 кВт қувват ютаётган реостатни совитиш учун оқизиб қўйилган мойнинг температураси 1 секундада 50°C кўтарилади. Реостат орқали 1 секундада оқиб ўтувчи мойнинг ҳажмини аниқланг. Мойнинг зичлиги $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$, мойнинг солиштирма иссиқлик сифими $c \approx 1675 \text{ Ж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

Кўрсатма: Мой ҳажмини иссиқлик баланси тенгламасидан топиш мумкин:

$$Pt = c\rho V \Delta t.$$

Жавоб и: $0,000133 \text{ м}^3 = 133 \text{ см}^3$.

11. 120 В кучланишда 400 электр лампаси ҳар куни 10 соатдан ёнади. Ҳар бир лампанинг қаршилиги 240 Ом. Динамомашинани ҳара-

катта келтирувчи ички ёнув двигателининг ҳар куни қанча нефть сарф қилишини аниқланг. Двигателнинг ф. и. к. 30%, динамомашинанинг ф. и. к. 80% деб олинг ($q=46,2 \cdot 10^6$ Ж/кг).

Кўрсатма: 1) Бутун қурилманинг ф. и. к. $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,3 \cdot 0,8 = 0,24$;

2) токнинг ишини $A = \frac{U^2 t n}{R}$ формуладан топиш керак; 3) нефтнинг кг ҳисобидаги массасини иссиқлик баъавси тенгласидан топиш керак:

$$q m \eta_1 \eta_2 = \frac{U^2 t n}{R},$$

бу ерда n — лампалар сони.

Жавоб: 82 кг.

44- §. Токнинг иссиқлик таъсиридан фойдаланиш

1. Электр иситиш асбоблари. Электр иситиш асбоблари: плитка, дазмол, чойнак, иситгич, ковия, беморлар учун иситгичлар, қайнатгичлар ва ҳоказолар турмушда кенг ишлатилади. Бу асбобларда солиштирма қаршилиги катта бўлган ва юқори температураларга чидайдиган ўтказгичлардан ўтаётган токнинг иссиқлик таъсиридан фойдаланилади.

2. Чўгланма лампочка. Ўтказгичда ток ажратиб чиқарган иссиқликнинг энг керакли жойи, электр лампочкасида буладигани сингари, иссиқликнинг ёруғликка айланишидир. Ёритиш жамият ҳаётида жуда муҳим роль ўйнайди. Ёруғлик фабрика, завод, шахталарда ишлаш учун, шаҳарларни ёритиш учун жуда зарурдир. Керосин лампалари ўрнига электр лампочкалари ишлатилиши меҳнат унумдорлигини оширди, меҳнат ва дам олиш шароитларини яхшилади.

700°С дан юқори температурагача қизиган симнинг берадиган ёруғлик миқдори температура кўтарилиши билан тез ортади. Сим тўқ-қизил рангдан оппоқ бўлгунча чўгланади. Ҳозирги вақтда ичига азот қамалган вольфрам толали лампалар тайёрланади. Толанинг температураси бундай лампаларда 2800°С га етади. Янада юқорироқ температурагача қизитиш мақсадга мувофиқдир, бироқ температура қанча юқори бўлса, сим тайёрланган модда шунча тез буғланади ва лампанинг ишлаш муддати қисқара боради. Лампага қамалган газ толанинг тез буғланишининг олдини олади ва лампанинг хизмат қилиш муддатини узайтиради. Ўтказгичнинг ёруғлик берадиган даражада чўгланишидан амалда фойдаланиш ғояси биринчи марта рус ихтирочиси А. Н.

Лодигин томонидан амалга оширилган эди. 52-расмда А. Н. Лодигин ихтиро қилган электр лампочкаси кўрсатилган. Шиша баллонда мис электродлар орасига ингичка кўмир маҳкамлаб қўйилган. Электр токи ўтказилганда кўмир баллондаги кислород ҳисобига қисман ёнади. А. Н. Лодигиннинг биринчи лампалари 30 минут давомида «ёниб тамом бўлар» эди. Лампани янада такомиллаштириш натижасида унинг хизмат қилиш муддати 6 ойга чўзилди.



52- расм.

1902 йилда А. Н. Лодигин вольфрам толали лампа ихтиро қилди, бу лампа ҳозир ҳам кенг ишлатилади.

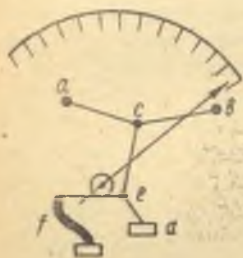
Бизнинг техникамиз баллони туғноғич каллагидан бирозгина катта бўлган лампочкалар тайёрлашга ҳам имкон беради. Бундай лампочка гастроскоп деб аталадиган медицина асбобида ишлатилади ва 3 В кучланишда ишлайди. Жажжи электр лампочкалар ишлаб чиқариш билан бирга баллонининг бўйи бир метрдан ортиқ келадиган ва 30 кВт дан ортиқ қувват олиб ишлайдиган улкан лампалар тайёрлаш методи ҳам ишлаб чиқилган. Бундай лампалар бизнинг улкан мамлакатимиз соҳилларига келиб туташувчи барча денгизлардаги маякларда ишлатилади.

3. Электр печлари. Қаршиликли электр печлари кенг қўлланилади, уларда 2000°C гача қизишга бардош берадиган молибден спиралларда токнинг ажратиб чиқарган иссиқлигидан фойдаланилади.

Бундай печлар ишлов бериладиган буюмларни қиздириш учун ҳам, эритиш учун ҳам ишлатилади. Бундай печларда пўлат ва бошқа рангли металлларга турли хил термик ишлов берилади, айниқса, тоблаш ва цементлаш процесси амалга оширилади. Бундан ташқари, печлар керамика ва шиша саноатида буюмларни пишириш, эмаллаш ва шишани эритиш учун ҳам ишлатилади. Печлар бошқа тур ишлаб чиқариш корхоналарида, айниқса, маҳсулотни қуритишда жуда қўл келади.

4. Эрувчан сақлагичлар. Барча электр қурилмалари ҳам хавфли даражада қизиб кетмайдиган қилиб ясалади. Бироқ баъзан қурилманинг бирор жойида симларнинг изоляцияси шикастланиши, асосий симлар кичик қаршиликли симларга уланиб қолиши мумкин ва бунда «қисқа туташув» юз беради. Бундай ҳолларда бир неча минг ампер

ток ўтиши мумкин. Масалан, қаршилиги 0,1 Ом бўлган ва 120 В кучланишда ишлаётган стол лампаси шнурида «қисқа туташув» рўй берса, унда ток кучи $120 \text{ В}/0,1 \text{ Ом} = 1200 \text{ А}$ га етиши мумкин, бундай кучли ток электр энергияси сўтчиғини ишдан чиқарибгина қолмасдан, ҳатто ёнғинга сабаб бўлиши мумкин. Бундай хатарнинг олдини олиш учун ток занжирига кетма-кет қилиб қўрғошин симли сақлагичлар уланади. Ток мулжалдагидан катталашиб кетганда сақлагич (қўрғошин сим) эриб кетади, занжир узилади ва авария бўлмайди.



53- расм.

5. Иссиқлик амперметрлари ва вольтметрлари. Иссиқлик таъсиридан ишлайдиган амперметр ва вольтметрларда ток ўтганда исётган симнинг кенгайиш хоссасидан фойдаланилади. *ab* симдан ўтаётган ток уни қиздиради ва бунинг натижасида сим узаяди (53- расм).

f пружина *cd* симга маҳкамланган *fe* толани бир томонга тортади, *cd* сим эса ўз навбатида *ab* симга маҳкамланган. Бунда *fe* тола ўраб турган блок бурилади ва у билан бирга кўрсаткич-стрелка ҳам бурилади, *ab* симдан қанча кўп ток ўтса, у шунча катта бурчакка бурилади. Иссиқлик вольтметри амперметрдан шу билан фарқ қиладики, унда симга кетма-кет равишда қўшимча қаршилиқ уланган бўлади. Қўшимча қаршилиқ одатда асбобнинг ичига ўрнатилади.

45- §.

Термоэлементлар ва уларнинг ишлатилиши

Биз электр токи энергиясининг бевосита иссиқликка айланишини ўргандик. Бунга тескари процесс ҳам бўлиши мумкинми, деган савол туғилади.

Одатда электр энергияси олиш учун аввал иссиқликни механик энергияга, сўнгра электр энергиясига айлантирилади.

Бевосита иссиқликнинг ўзидан электр токи олиб бўлмасмикан?

Бундай йўл билан ҳам электр токи олиш мумкин, бироқ бу ток жуда кичик миқдорда бўлади. Шунга қарамас-

дан, бу ҳодиса жуда қизиқарли бўлиб, баъзи жуда муҳим амалий натижаларга олиб келади.

Агар турли металллар, масалан, мис ва темирдан қилинган иккита сим олиниб, уларнинг учлари пайвандланса, сунгра эса бир учи қизитилиб иккинчи учи пастроқ температурада тутилса, бу симларда ток пайдо бўлади, буларда ток борлигини гальванометр воситасида аниқлаш мумкин (54-расм).



54- расм.

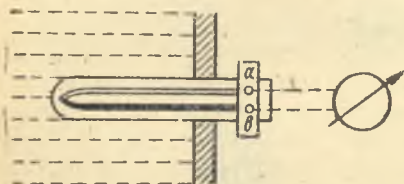
Иссиқликнинг бевосита электрга айланиш процессини биринчи бўлиб 1821 йилда физик Зеебек кашф қилган эди.

Учлари пайвандланган икки металл термопара ёки термоэлемент дейилади. *Термоэлементда ҳосил қилинган ток термоэлектр токи деб аталади.* Металлларнинг ҳар қандай жуфтда ҳам электр юритувчи кучи ҳаддан ташқари кичик. Масалан, 100°C да никель—платина термопараси $0,0015\text{ В}$ э. ю. к. ҳосил қилади, мис—константан $0,004\text{ В}$, висмут—сурьма эса $0,011\text{ В}$ э. ю. к. ҳосил қилади.

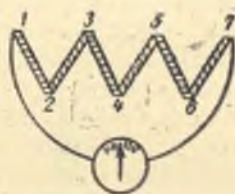
Термоэлемент ва термобатареяларнинг фойдали иш коэффициенти жуда кичик бўлиб, атиги $1\text{—}3\%$, шунинг учун улар ток генераторлари сифатида (1 Вт гача бўлган кам қувватли генераторларни ҳисобга олмаганда) қўлланилмайди.

Термопараларни бошқа мақсадларда ишлатиш мумкин. Баъзи термопаралар учун *икки пайванддаги температура-лар фарқи билан электр юритувчи куч орасида тўғри пропорционаллик* бор эканлиги аниқланган. Температураларнинг кенг соҳасида ўринли бўлган бу муҳим хосса термоэлектр термометрининг ясалиши учун муҳим асос бўлган (55-расм). Термоэлектр термометри Цельсий градуслари бўйича даражаланган гальванометрга уланган термопарадан иборат.

Термопара--жуда қийин эрийдиган ва кенг чегарада (1600°С гача) температурага пропорционал э.ю. к. берадиган платина ва платинородий симлардан ясалади. Ҳар 100°С га қизиганда 0,001 В га тенг э.ю. к. ҳосил бўлади. Термопара чинни трубкага жойлаштирилади. Иккала сим-



55- расм.



56- расм.

нинг пайванди турган учи температураси ўлчанмоқчи бўлган печга қўйилади. *a* ва *b* клеммалар градус ҳисобида даражаланган гальванометрга уланади.

Нурланишнинг иссиқлик таъсирини текшириш учун кетма-кет уланган термопаралар батареясидан фойдаланилади (56- расм). Тоқ пайвандлар (1, 3, 5, 7...) бир температурада, жуфт пайвандлар (2, 4, 6,...) бошқа температурада сақланади.

Термопараларга жуда ингичка сим ишлатилади (улар иссиқликни иложи борича кам ўтказиши учун), пайвандларнинг сирти каттароқ бўлиши учун япроқлар кўринишида ялпайтириб қўйилади.

Агар бир пайвандни нур тушишдан муҳофаза қилиб, иккинчи пайвандга нурлар кўпроқ ютилиши учун уни қорага бўяб очиқ қўйилса, жуда сезгир гальванометрга уланган бундай асбоб ёрдамида градуснинг юз миллиондан бир улушини ўлчаш мумкин. Йиғувчи линзалар қўлланса, тунда 1,5 км масофада турган одамнинг иссиқлигини сезиш мумкин.

Биздан энг узоқда жойлашган юлдузларнинг нурланиши шунга ўхшаш асбоблар билан ўлчанган.

46- §.

Контакт потенциаллари фарқи

Термоэлектр токининг пайдо бўлиш сабабини аниқлаш учун бу ҳодисани батафсилроқ қараб чиқамиз. Металл ичидаги эркин электронларнинг кинетик энергия запаси анча кўп бўлиши назарий физикада аниқланган. Бирор пайтда тезликлари металл сиртига қараб йуналган электронлар ташқарига учиб чиқиши мумкин эди, бироқ панжаранинг мусбат ионлари бунга тўсқинлик қилади.

Электрон металлдан чиқиб кетиши учун у узини металлга тортувчи кучларга қарши иш бажариши керак. Бу иш катталиги чиқиш иши деб аталади ва электрон-вольт ҳисобида ўлчанади.

Электрон-вольт (эВ) электронни электр майдонида 1 В кучланишли нуқталар орасида кўчиришда бажарилган ишдир:

$$1 \text{ эВ} = \frac{4,8 \cdot 10^{-10}}{3 \cdot 10^9} \text{ Кл} \cdot 1 \text{ В} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Ж} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ эрг.}$$

Чиқиш иши бир неча электрон-вольтга тенг бўлиб, турли металллар учун турличадир: масалан, вольфрам учун 4,5 эВ, темир учун 4,4 эВ, цезий учун 1,9 эВ.

Бундан ташқари, айни бир металлда ҳам бирлигидаги электронлар сонининг бир хил, лекин турли металллар учун турлича бўлиши ҳам назарий физикада аниқланган.

Бир металлдан ясалган икки пластинкани бир-бирига зич қилиб тегизамиз. Электронларнинг чиқиш иши бир хил бўлгани ва ҳар бир ҳам бирлигидаги электронлар зичлиги бир хил бўлгани учун бир пластинкада электронлар камайиб, иккинчисида кўпайиб қолмайди. Бу ҳолда икки пластинканинг потенциаллари фарқи нолга тенг бўлади.

Агар турли металллардан ясалган икки пластинкани бир-бирига зич қилиб тегизсак, электронлар чиқиш ишининг турлича бўлиши ва ҳам бирлигидаги электронлар зичлигининг турлича бўлиши туфайли электронлар бир пластинкада камайиб, иккинчи пластинкада кўпайиб кетади. Бу ҳолда потенциаллар фарқи нолдан фарқли бўлади.

Турли металлларнинг бир-бирига тегшишида ҳосил бўлган потенциаллар фарқи контакт потенциаллари фарқи деб аталади.

Турли металллардан қилинган икки пластинка температурасини орттирамиз, бу ҳолда контакт потенциаллари фар-

қи ҳам ошади. Температура кўтарилганида эркин электронларнинг ҳаракат тезлиги ортгани туфайли шундай бўлади. Ҳажм бирлигидаги электронлар зичлиги катта бўлган металлдаги электронларнинг ўзаро таъсир кучлари кўпроқ ортади. Бунинг натижасида электронлар бир пластинкадан иккинчи пластинкага кўпроқ ўта бошлайди, бунинг оқибатида эса потенциаллар фарқи ортади.

Агар турли металллардан қилинган икки сим олиб, уларнинг учларини пайвандласак, контактлар температураси турлича бўлганда термоэлектр юритувчи куч ҳосил бўлади ва унинг таъсирида занжирда термоэлектр токи ўтади. Бу ҳолда контактга берилаётган иссиқлик бевосита электр токига айланади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Чўғланма лампочкани ким қачон ихтиро қилган?
2. Қаршиликли электр печларининг ишлаши қандай қонунга асосланган ва бу печлар қаерларда ишлатилади?
3. Қисқа туташув нима?
4. Нима учун эрувчан сақлагичларда қийин эрийдиган металллар ишлатилмайди?
5. Иссиқлик таъсирига асосланган амперметр ва вольтметр қандай тузилган?
6. Қандй йўл билан иссиқликни бевосита электр токига айлантириш мумкин?
7. Термопара ва термоток нима?
8. Термопаралар техникада қандай мақсадларда ишлатилади?
9. Контакт потенциаллари фарқи нима?
10. Учлари пайвандланган икки хил металлдан тузилган занжирда пайвандлар температураси турлича бўлганда термоэлектр юритувчи куч ва термоэлектр токи пайдо бўлишининг сабаби нимада?

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

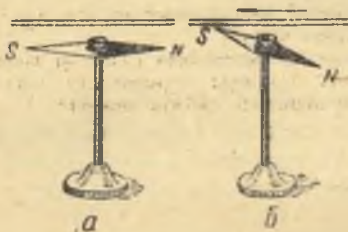
47- §.

Токларнинг ўзаро таъсири

Қатор тажрибалар ўтказайлик.

1. Ипак илга осилган кичкина маржон шарчани зарядлаймиз ва уни ўтказгичга яқинлаштирамиз. Ўтказгичдан ток ўтказамиз ва токнинг зарядланган шарчага ҳеч қандай таъсир қилмаётганини кўрамиз*. Бундан токли ўтказгич атрофидаги фазода электр кучлари йўқ экан, бинобарин, ўтказгичдан ташқарида электр майдони йўқ экан деган хулосага келамиз.

2. Магнит стрелкаси олиб, унинг устидан 57-а расмда кўрсатилгандек қилиб ўтказгич ўтказамиз. Ўтказгичдан ток ўтганда магнит стрелкаси ўзининг дастлабки вазиятидан оғади (57-б расм). Тажрибамизга асосланиб, токли ўтказгич атрофидаги фазода магнит стрелкасини ҳаракатга келтирувчи қандайдир кучлар таъсир қилади деган хулосага келамиз.



57- расм



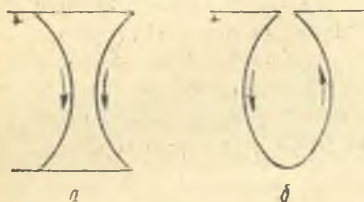
58- расм.

3. Юмшоқ симга изоляцияланган симдан қилинган ғалтакни осиб қўямиз ва унга магнитни яқинлаштирамиз (58-расм). Ғалтакдан ток ўтказамиз ва ғалтакнинг магнитга тортилишини ёки ундан итарилишини кўрамиз (тортилиш

*Шарча ўтказгичга тортилади, чунки ўтказгич таъсир орқали электрланиб қолади.

Ёки итарилиши ғалтакдан ўтаётган ток йўналишига боғлиқ бўлади). Тажриба магнит ва токли ўтказгич атрофидаги фазода токли ўтказгични ҳаракатга келтирувчи қандайдир кучлар таъсир қилишини кўрсатади.

4. Иккита юшмоқ симни осиб қўйиб, улардан ток ўтказгичларнинг бир-бирига таъсир қилаётганини кўрамиз. Агар токлар



59- расм.

бир йўналишда бўлса ўтказгичлар тортишади (59-а расм), агар токлар қарама-қарши йўналишларда бўлса (учрашма токлар), у ҳолда ўтказгичлар итаришади (59-б расм).

Демак, токли ўтказгичлар атрофидаги фазода ўтказгичларни ҳаракатга

келтирувчи қандайдир кучлар таъсир қилади, деган хулосага келамиз.

Бу тажрибаларнинг ҳаммаси токли ўтказгич ва магнит, ёки икки токли ўтказгич орасидаги фазода таъсир қилувчи кучларнинг табиати бир хил бўлади деган хулосага олиб келади. Бундай табиатли кучлар магнит кучлари деб юритилади.

48- §.

Магнит майдони

Агар аввалги параграфда ёён қилинган тажрибаларни вакуумда такрорласак, натижа аввалгича қолади. Бунга қараб магнит кучлари вакуумда ҳам таъсир қилади, деган хулосага келамиз.

Табиатда жисмлар ўзлари орасида қандайдир моддий муҳит бўлгандагина ўзаро таъсир қилишлари мумкин эканлиги бизга маълум.

Токли ўтказгич билан магнит ёки ток ўтаётган икки ўтказгич вакуумда бир-бирига қандай таъсир қилади?

Бу ҳодисани ҳар томонлама ва кенг ўрганиш натижасида олимлар шундай хулосага келдилар: токли ўтказгичлар орасидан туриб бир-бирига магнит майдони деб аталадиган моддий муҳит орқали таъсир қилади, бу майдон токка чамбарчас боғланган.

Магнит майдони модда эмас, балки алоҳида зарраларда мужассамланган моддадан фарқли равишда, материянинг фазода узлуксиз мавжуд бўлган туридир.

Магнит майдони материя бўлгани учун энергияга эгадир. Магнит майдонининг энергияси фазода узлуксиз тақсимланган. Ток бошқа токка оний таъсир қилмайди. Майдон ўзаро таъсирни жуда катта, бироқ тахминан 300 000 км/с га тенг бўлган жуда аниқ тезлик билан узатади. Токли ўтказгичнинг магнит майдони чексизликкача ёйилади. Бироқ масофа ортиши билан магнит кучлари жуда тез заифлашади, шунинг учун амалда магнит кучларининг таъсирини токли ўтказгичга яқин масофалардагина сезиш мумкин.

49- §.

Доимий магнитлар.

Магнит қутбларининг ўзаро таъсири

Ўзига темир, никель, кобальт ва бошқа баъзи моддаларни тортадиган жисмлар доимий магнитлар дейилади.

Магнит темиртош (Fe_3O_4) деб аталадиган темир рудаси ўзига темир буюмларни тортади. Бундай руданинг бир бўлаги табиий доимий магнит бўлади. Темир, пулат, никель, кобальт, хром ва баъзи бошқа қотишмалар ёнида магнит темиртош бўлганида магнит хоссаларига эга бўлиб қолади. Ток ўтаётган галтак ичига пулат стержень киритиш билан ҳам доимий магнит ҳосил қилиш мумкин.

Бироқ пулат ва баъзи махсус қотишмалардан ташқари, юқориди саналган барча жисмлар уларни магнитлаган жисмни узоқлаштирганда ўзининг магнит хоссасини йўқотади. Шунинг учун суниий магнитлар пулатдан (айниқса, хромли, вольфрамли ва кобальтли пулатдан) тайёрланади.

Магнитнинг магнит хоссалари унинг ўзи кўтариб турган темир жисмларнинг оғирлигига қараб белгиланади. Ҳар бир магнитнинг учлари кучроқ тортиш кучига эга бўлади, бу учлар магнитнинг қутблари деб аталади. Магнитнинг ўрта қисми ўртасига яқинлашган сари бу куч камайиб, қоқ ўртасида нолга тенг (нейтрал чизиқ) бўлади.

Агар магнит ипга осиб қўйилса (ёки сувда горизонтал вазиятда сузадиган қилиб қўйилса), у бир учи шимолга, иккинчи учи жанубга қарайдиган бўлиб жойлашади. Магнитнинг шимолга қараган учи шимолий магнит қутби (N) деб, иккинчи учи эса жанубий магнит қутби (S) деб аталади. Қулай



60- расм.

булиши учун вертикал ўқ атрофида эркин айланадиган стрелкадан фойдаланилади. Шундай стрелка компасда ҳам қўлланилади.

Магнитларнинг бирисмли қутблари ўзаро итаришиши, турли исмли қутблари ўзаро тортишиши тажрибада аниқланган. Компаснинг стрелкаси ҳамма жойда ҳам маълум бир йўналиш (географик меридианга яқин) эгаллайди, бинобарин, Ер улкан магнитдир (60-расм); Ернинг жанубий магнит қутби шимолий географик қутб яқинида, шимолий магнит қутби жанубий географик қутб яқинида жойлашган. Шунинг учун компаснинг стрелкаси ҳамма вақт ўзининг шимолий қутби географик шимолга қараб йўналадиган бўлиб жойлашади.

50- §.

Магнитнинг магнит майдонининг келиб чиқиши

Қўндан-қўн тажрибалар олимларни магнит майдони билан электр токи узлуксиз боғланган ҳолда мавжуддир, деган фикрга олиб келди. Қўзғалмас электр зарядларининг магнит майдони бўлмайди. Фақат ҳаракатдаги зарядларгина чексизликкача ёйилган магнит майдонига эга бўлади.

Доний магнитнинг магнит майдони бўлишига сабаб нима? Магнит қутблари бир-бирига фақат магнит майдони бор бўлгандагина таъсир қилади, магнит майдонида эса бу ўзаро таъсир бир жисмдан иккинчи жисмга маълум бир тезлик билан узатилиши маълум. Магнитнинг магнит майдони қандай пайдо бўлади? Бу саволга бундай жавоб бериш мумкин. Ҳар қандай доний магнит эркин электронлари ва атом таркибига кирган электронлари бўлган металлдан иборат. Бу электронларнинг ҳаммаси ҳаракатда бўлади. Бироқ ҳаракатланаётган ҳар бир электр заряди ўзининг магнит майдонига эга бўлади, бинобарин, ҳар бир электроннинг ҳам (унинг массаси ва заряди бор) ўз магнит майдони бўлади. Эркин электронлар хаотик ҳаракат қилади. Атом таркибига кирувчи электронлар ўзларининг фазода маълум тарзда жойлашган Берк орбиталари бўйлаб ҳаракатланади. Баъзи моддаларнинг атомларида, масалан, темир атомларида шундай электронлар ҳам бўладики, улар ядро атрофидаги орбитаalarda ҳаракатланиш билан бирга, худди пирилдоққа ўхшаб, ўз ўқи атрофида ҳам айланади. Бундай электронларнинг магнит майдони жуда кучли бўлади ва фазода қўшилганда бир-бирини кучайтирадиган вазиятда жойлашган. Атомларнинг магнит майдонларининг ўзаро таъсири натижасида кристалл панжарада мустақил магнитланган соҳалар вужудга келади, бу соҳалар доменлар деб аталади.

Агар пўлат стреженини тоқли ғалтак ичига жойлаштирсак, у ҳолда ток магнит майдонининг таъсири остида доменлар майдон йўналишида қайта магнитланади. Электронларнинг айланиш ўқлари бир-бирига параллел бўлиб қолади. Стерженни ғалтақдан суғуриб олгандан кейин ҳам, доменларнинг ўзаро таъсири молекулаларнинг иссиқлик ҳаракатига қарамасдан, узоқ давом этиши мумкин. Бундай стержень доний магнит бўлиб қолиб, ўз атрофида кучли магнит майдони ҳосил қилади.

Шундай қилиб, агар электронларнинг хусусий айланиш ўқлари бир-бирига параллел бўлиб қолса, атомларнинг магнит майдонлари қўшилганда бир-бирини кучайтиради ва натижада доний магнитнинг магнит майдони юзага келади.

Бу назария қатор тажрибалар билан тасдиқланган. Бундай тажрибалардан бири пирилдоқнинг ҳаракат қонунарига асосланган. Механи-

қада шу нарса аниқланганки, агар айланиш ўқлари ихтиёрий йўналган пирилдоқлар системаси қандайдир бир ўқ атрофида айлантирилса, системадаги пирилдоқлар тартибли жойлашиб олар экан. Системанинг айланиши натижасида барча пирилдоқларнинг ўқлари умумий айланиш ўқиға параллел жойлашади.

Агар пўлат стержень олиб, уни буйлама ўқи атрофида тез айлантирсак, стержень магнитланиб қолади. Ўз ўқи атрофида айланувчи электронларни элементар пирилдоқлар деб қараш мумкин бўлгани учун уларнинг ўқлари умумий айланиш ўқиға параллел жойлашиши керак.

51- §.

Магнит куч чизиқлари

Магнит майдонининг турли жойларида магнит кучлари қандай йўналганини билиш учун кичкина стрелкалардан фойдаланилади.

Магнит майдонига киритилган магнит стрелкалари маълум йўналишда жойлашиб олади. Магнит куч чизиғи деб шундай чизиққа айтиладики, бу чизиқнинг ҳар бир нуқта-сида ўтказилган уринма кичкина магнит стрелкалари буйлаб йўналади. Магнит майдонининг структурасини ўрганиш учун жуда кўп жажжи магнит стрелкалари керак.

Куч чизиқларининг шаклини аёний равишда тасвирлаш учун майда темир қипиқлари жуда қўл келади, улар магнит майдонида жажжи магнитчалар бўлиб қолади.

Стержень кўринишидаги магнит оламит ва уни горизонтал столға қўйиб, устиға ойна ёпамиз. Ойнаға юпқа қилиб қипиқ қатлами сепаиб, уни астагина силкитамиз, бу ҳолда темир қипиқлари магнит куч чизиқлари буйлаб маржондек тизилиб қолади (61- расм).

Магнит куч чизиқлари магнит нчидан ҳам ўтади, шунинг учун улар берк чизиқлардир.



61- расм.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

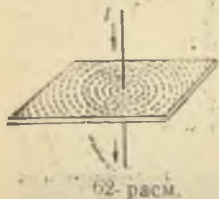
1. Токли ўтказгич атрофида электр майдони йўқлигини қандай тажриба ёрдамида аниқлаш мумкин?
2. Ўтказгичдан ўтаётган ток магнит стрелкасини оғдиради. Бу тажрибадан қандай хулоса чиқариш мумкин?
3. Бир томонға қараб йўналган тоқлар қандай ўзаро таъсирлашади, қарама-қарши томонға йўналган тоқлар қандай таъсирлашади?
4. Вакуумда тоқлар ўзаро таъсирлашадими?
5. Магнит майдони деб нимаға айтилади ва унинг қандай хоссалари бор?
6. Доимий магнит нима?

7. Магнит қутби деб нимага айтилади?
8. Магнит қутблари қандай ўзаро таъсирлашади?
9. Доймий магнитнинг магнит майдони ҳосил бўлишини электрнинг назария асосида қандай изоҳлаб бериш мумкин?
10. Қаттиқ қиздириш магнитга қандай таъсир қилади? Изоҳлаб бериинг.
11. Магнит куч чизиғи деб нимага айтилади?
12. Нима учун пулат қипиқлар ёрдамида магнит куч чизиқларининг шакли ва йўналишини аниқлаш мумкин?
13. Пулат стерженни унинг икки учи бир хил қутбли буладиган қилиб магнитлаш мумкинми?
14. Пулат стержень магнитланганми ёки йўқми эканини магнит стрелкаси ёрдамида қандай қилиб аниқлаш мумкин?
15. Нима учун компас қутбчиси мис, пластмасса ва бошқа материаллардан қилинади-ю, темирдан қилинмайди?

52- §.

Тўғри чизиқли токнинг магнит майдони

Тўғри чизиқли ўтказгичдан ўтаётган токнинг магнит майдонининг структурасини ўрганиш учун шундай бир тажриба қиламиз. Горизонтал жойлашган картон варағи орқали вертикал сим ўтказамиз (62- расм). Ўтказгичдан 2—4 А миқдоридан ток ўтказамиз ва сўнгра картонга юпқа қатлам қилиб темир қипиқлари сепиб, қипиқларнинг картонда сим атрофида берк чизиқлар бўйлаб жойлашишини кўрамиз. Картонни юқорига ёки пастга силжитганимизда куч чизиқларининг шакли ўзгармайди.



Шунга ўхшаш тажрибалар асосида тўғри чизиқли ток магнит майдонининг куч чизиқлари марказлари ўтказгич ўқида жойлашган концентрик айланалардан иборат бўлиб, бу айланалар ўтказгич ўқида перпендикуляр текисликда ётади, деган хулосага келинган.

Куч чизиқларининг йўналишини вертикал игначаларга кийгизилган ва картонга қўйилган магнит стрелкачалари ёрдамида аниқлаш мумкин.

Агар ўтказгичдаги токнинг йўналишини ўзгартирсак, куч чизиқларининг шакли ўзгармайди, бироқ чизиқларнинг йўналиши қарама-қарши томонга ўзгаради, чунки магнит стрелкалари бунда 180° га бурилади.

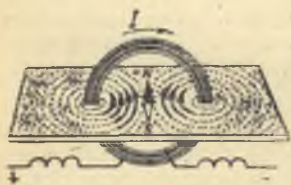
Ўтказгичдаги токнинг магнит куч чизиқларини аниқлаш учун қўйидаги амалий қоидадан фойдаланиш ҳам мумкин: агар ток йўналишида қарасак, магнит куч чизиқлари соат стрелкасининг ҳаракат йўналишида бўлади (соат стрелкаси қойдася).

Парма қондаси деб аталадиган бошқа қондадан фойдаланиш ҳам мумкин: агар пармача учининг илгариланма ҳаракати йўналиши ўтказгичдаги ток йўналиши билан бир хил бўлса, парма дастасининг айланиш йўналиши сим атрофида жойлашган магнит куч чизиқларининг йўналиши билан бир хил бўлади.

53- §.

Айланма токнинг магнит майдони

Айланма токнинг магнит майдонини аниқлаш учун шундай бир тажриба қиламиз. Айлана шаклида букилган ўтказгичдан ток ўтказамиз ва доира текислигига перпендикуляр қўйилган картон устига юпқа қилиб темир қипиқлари сепамиз, бунда магнит куч чизиқлари концентрик айланалар бўлмаслигини, лекин берк чизиқлар бўлишини кўрамиз (63- расм). Картон варағига кичик магнит стрелкалари



63- расм.



64- расм.

қўйиб, биз куч чизиқларининг йўналишини аниқлашимиз мумкин. Бунинг учун парма қондасидан шундай кўринишда фойдаланилади: агар парманинг дастасини айланма ток йўналишида айлантурсак (64- расм), у ҳолда парма учининг илгариланма ҳаракати айланма ток ичидаги магнит куч чизиқларининг йўналишини кўрсатади.

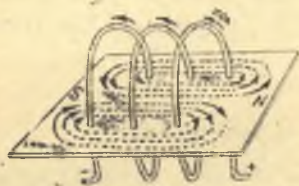
54- §.

Токли галтакнинг магнит майдони

Агар изоляцияланган симдан бир неча ўрам қилиб ясалган галтак орқали ток ўтказсак, тўғри магнитнинг майдонига ўхшаш магнит майдони ҳосил бўлади (65- расм). Бундай галтак соленоид деб аталади (грекча «соленоидес» — найсимон деган маънони беради).

Магнитнинг шимолий қутбига соленоиднинг ток соат стрелкасига қарама-қарши юраётган учи, магнитнинг жану-

бий қутбига соленоиднинг ток соат стрелкаси бўйлаб юра-
стган учи тўғри келади (66- расм). Парма қондасини токли
галтакка ҳам татбиқ этиш мумкин.



65- расм.



66- расм.

55- §.

Электромагнит ва унинг қўлланиши

Темир ёки пулат узакли соленоид электромагнит деб аталади. Соленоиддан ўтаётган электр токининг магнит майдони таъсирида ўзак магнитланади ва кучли электромагнит ҳосил бўлади, бу электромагнит доний магнитдан қуйдагилар билан фарқ қилади: 1) электромагнитнинг тортиш таъсирини ҳамма вақт тўхтатиш мумкин, 2) электромагнитнинг тортиш кучини ўзгартириш мумкин ва 3) электромагнитнинг магнит майдони анча кучли бўлиши мумкин.

Электромагнит қутблари ҳам соленоид қутблари сингари аниқланади. Электромагнитлар уларнинг қаерда ишлатилишига қараб турлича катталикда ва турлича шаклда бўлиши мумкин. Рус олимлари Б. С. Якоби ва Э. Х. Ленц биринчи бўлиб электромагнитларнинг тортиш кучини текширдилар ва бу кучнинг ток кучи квадратига пропорционал бўлиши-
ни аниқладилар.

Электромагнитлар электр қўнғироқлари, телеграф аппаратлари, реле, электромагнитли кранлар, динамомашиналар, электр моторлари, электр ўлчаш асбоблари, электр соатларида, шунингдек, электр станциялари, телефон ва телеграф станциялари, темир йўл линиялари, гидро-станциялардаги бир қатор автоматик бошқариш қурилмаларида ишлати-
лади.

Яраланганда снаряд ва мишаларнинг киши танасига кириб қолган парчалари, кўзга тушган темир қипиқлари жуда кучли электромагнитлар ёрдамида чиқариб олинади.

Албатта, электромагнитларнинг ишлатилиши шу санаб ўтилган ми-
соллар билангина чекланиб қолмайди. Электромагнитнинг баъзи қўлла-
нишларини биз батафсилроқ кўриб чиқамиз.

1. Реле. Телеграф аппарати фақат аниқ бир ток кучидагина иш-
лаши мумкин. Узоқ масофалар ўртасида телеграф ёрдамида алоқа боғ-
лашда линиянинг қаршиллиги илгирчилик кўпайиб кетиши мумкинлики, бу-
нда ток кучи ёзувчи аппаратнинг ишлашини таъминлаб олмай қолади. Ток кучини ошириш учун линияга ток берадиган батареяни ниҳоятда кучайтириш ёки темир сим ўрнига мис сим ишлатишга тўғри келар эди. Бироқ бу иш иқтисодий томондан фойдали эмас. Бундай камчилик-
ни бартараф қилиш учун заиф тоқларда ишлайдиган электромагнитлик
реледан фойдаланилади. Узатувчи станциядан келган ток релега туша-

ди (67- расм). Реле *M* тақасимон магнитдан иборат бўлиб, бу магнитда изоляцияланган симдан қилинган икки галтак бор. Магнитнинг қутблари орасига юмшоқ темир пластинкасида қилинган *Я* якорь жойлаштирилган. Бу якорь магнитнинг иккала қутбига бирравар тортиладиган қилиб урнаштирилган ва шунинг учун *ab* ораликда эркин осилиб туради. Узатувчи станциядан келаётган ток реле чулғами орқали ўтганида тақасимон магнитнинг қутбларидан бири зураяди, иккинчи қутби заифлашади (расмда токнинг магнит майдони ва шимол-ий қутбнинг магнит майдони мос тушгани учун *N* қутб зураяди).

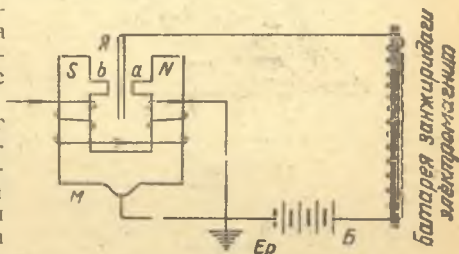
Якорь (пластинка) магнитнинг *a* чиқибга тортилади ва маҳаллий батареянинг занжири туташади. Шундай қилиб, релени ишга тушириш учун кучи кичик бўлган ток керак, бу ток релени ишга тушириб, маҳаллий *B* батареяни улайди, маҳаллий батарея эса ёзувчи аппаратни ишга тушириш учун керак бўлган катта ток беради. Бироқ бу ток кичик қаршилик орқали ўтади, шунинг учун бундай ток озроқ элементлардан олинishi мумкин.

Телеграммаларни жуда узоқ масофаларга узатиш учун ораликдаги станцияларда линиянинг иккинчи қисмига ток берувчи батареялар занжирини туташтирувчи релелар қўйилади.

2. О л и с д а н т у р и б б о ш қ а р и ш н и а в т о м а т л а ш т и р и ш. Техниканинг турли соҳаларида автоматлаштириш ва механизациялаш кун сайн кенгайиб бормоқда, бунда электромагнитлар муҳим роль ўйнамоқда. Электр станцияларидаги автоматик асбоблар катта аҳамият касб этмоқда. Фақат автоматик аппаратлар ёрдамидагина энг мураккаб қурилмаларни тез ва тўғри улаш ёки қайта улаш мумкин. Автоматик бошқариш учун қуйидаги аппаратлар ишлатилади: максимал ток релеси, минимал ток релеси, максимал ва минимал кучланишлар релеси, тебранишлар релеси, температура релеси, линияларнинг Ерга уланганлигини аниқловчи реле ва ҳоказо. Бунга қараб автоматик бошқаришда реле энг муҳим роль ўйнайди деган хулосага келамиз.

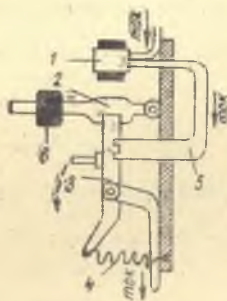
Мисол учун электр станцияларида қўлланиладиган *максимал автоматик выключатель*нинг тузилишини кўриб чиқамиз. Бу выключатель занжирда керагидан ортиқ ток пайдо бўлганда занжирни узиб қўяди (68-расм). 4 пружина ҳамма вақт 3 пичоқни 5 вилкадан тортиб туради, бироқ 2 қулф пичоқни вилкада ушлаб туради. Қулф юмшоқ темирдан қилинган бўлиб, шундай *б* юк билан бостириб қўйилганки, 1 электромагнит чулғамидан кучи катта (нормадан ортиқ) ток ўтганда қулф электромагнитга тортилади. Шундай қилиб, нормадан ортиқ ток ўтганда 2 қулф 1 электромагнитга тортилади ва шу вақтда 4 пружина таъсирида 3 пичоқ 5 вилкадан чиқиб кетади ва занжир узилади. Генератор кучланишини ростлайдиган *автоматик реостат*ни кўриб чиқайлик (69-расм).

1 солсноид *Г* генераторнинг электромагнитлари чулғамига уланган. Симоб солинган 3 идиш 2 темир ўзакка маҳкамланган. Темир ўзак *б* ричагга таъсир қилувчи 4 юк билан мувозанатланган. Идишга генера-

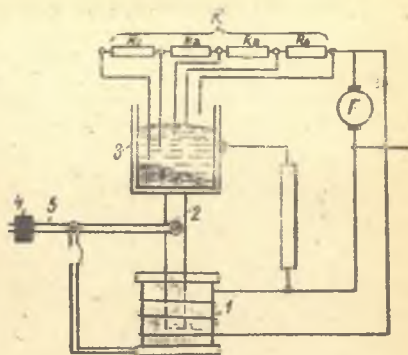


67- расм.

батарея занжирдаги элементлардан



68- расм.



69- расм.

торнинг R шунтли реостатининг симлари учлари киритилган. 69- расмда кўрсатилган вазиятда R_1 , R_2 ва R_3 секциялар уйғотиш занжиридан узилган, чунки улар симоб орқали қисқа туташиб қолган. Агар генераторнинг кучланиши сртса, 1 соленоиддан кучи катта ток утади. Бунинг натижасида соленоид 2 темир ўзакни ўзига чуқурроқ тортади ва у билан бирга симобли 3 идиш ҳам пастроқ тушади. Бироқ бунда идишнинг қанчалик пастга тушишига қараб симобдан учинчи секциянинг учи, сўнгра иккинчи секциянинг учи кўтарилади ва ҳоказо. Реостатнинг симобга тегиб турганлиги туфайли ажралган секциялари уланади ва шу туфайли генераторда ток кучи камаяди, бу ҳол генератор электромагнитларининг магнитланишини камайтиради, шунинг учун кучланиш паса-яди. Кучланиш йўл қўйилган қийматидан пастлаб кетганда бутун процесс тескари тартибда юз беради.

3. Уруғ тозаловчи машина. Совет конструкторлари уруғ тозалайдиган ажойиб электромагнитик машина яратдилар, бу машина соатига 400 кг беда уруғини зарпечак уруғидан тозалайди (70- расм). Бу машинада уруғлар автоматик равишда темир кўкун билан аралаштирилади. Беданинг силлиқ уруғларига кўкун ёпишмайди, сиртида майда чуқурчалари бўлган зарпечак уруғларига эса кўкун ёпишади ва бу уруғлар металлшгандек бўлиб қолади.



70- расм.

Уруғлар икки новдан икки жез барабанга тушади, бу барабанлар ичида қувватли электромагнитлар бўлиб, улар барабан доирасининг ярмида магнит майдони ҳосил қилади.

Беда уруғлари барабан тагига қўйилган яшикларга барабандан эркин сирғаниб тушади, зарпечакнинг темир кўкун билан қопланган уруғлари электромагнит томонидан барабан сиртига тортилади ва электромагнитнинг тасир сферасидан чиққандан кейин барабан тагидаги бошқа яшикка тушади.

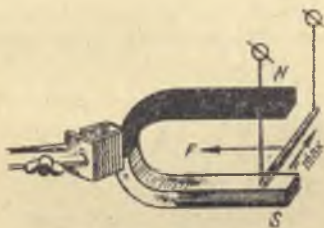
Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Тўғри чизиқли ўтказгичдан ўтаётган токнинг магнит куч чизиқлари шакли қандай бўлади?
2. Тўғри чизиқли токнинг магнит куч чизиқлари йўналиши соат стрелкаси қондасига мувофиқ қандай аниқланади?
3. Магнит куч чизиқлари йўналиши парма қондасига мувофиқ қандай аниқланади?
4. Айланма токнинг магнит куч чизиқлари йўналишини аниқлаш учун парма қондаси қандай қўлланилади?
5. Токли ғалтакнинг магнит қутбларини ундан ўтаётган токнинг йўналишини билган ҳолда қандай аниқлаш мумкин?
6. Токли цилиндрик ғалтакнинг магнит майдони билан тўғри магнитнинг магнит майдони ўртасида қандай ўхшашлик бор?
7. Электромагнит нима ва у қаерларда ишлатилади?
8. Электромагнит доимий магнитдан қандай хусусиятлари билан фарқ қилади?

56- §.

Магнит майдонининг токли ўтказгичга кўрсатадиган таъсири. Чап қўл қондаси

Икки юмшоқ ипга қаттиқ ўтказгични у тақасимон магнит қутблари ўртасида турадиган қилиб осиб қўямиз (71-расм). Ўтказгичдан расмда кўрсатилган йўналишда ток ўтказиб, ўтказгичнинг ҳаракатга келганини сезамиз. Токнинг йўналишини ўзгартирсак, ўтказгичнинг ҳаракатланаётганини, бироқ энди олдингига қарама-қарши томонга ҳаракатланаётганини кўрамиз. Шунга ўхшаш тажрибалар асосида токнинг йўналиши, магнитнинг магнит майдони йўналиши ва ўтказгичнинг ҳаракат йўналиши орасидаги муносабат топилган.



71- расм.



72- расм.

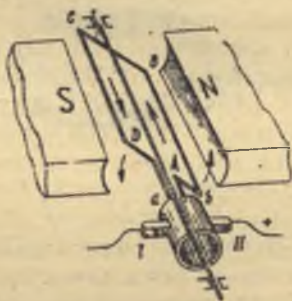
ганини кўрамиз. Шунга ўхшаш тажрибалар асосида токнинг йўналиши, магнитнинг магнит майдони йўналиши ва ўтказгичнинг ҳаракат йўналиши орасидаги муносабат топилган.

Ўтказгичнинг ҳаракат йўналишини аниқлаш учун чап қўл қондасидан фойдаланилади: агар чап қўлимизни майдоннинг магнит чизиқлари кафтимишга кирадиган ва ёйилган тўртта бармоғимиз ток йўналишини кўрсатадиган қилиб қўйсақ (72- расм), очилган бси бармоғимиз токли ўтказгичнинг ҳаракат йўналишини кўрсатади. Магнит майдонининг токли ўтказгичга кўрсатадиган таъсири турли қурилмаларда қўлланилади.

1. Қўзғалувчан ғалтакли ўлчаш асбоблари (гальванометр, амперметр, вольтметрлар). Кучли магнитнинг қутблари орасига изоляцияланган симдан қилинган M рамка жойлаштирилади, бу рамка ўзидан ўтаётган ток таъсирида бирор бурчакка бурилади (73- расм). Рамка ток келтирадиган икки спираль P пружина билан маҳкамланган бўлиб, бу пружиналар рамкани нолинчи вазиятга қайтаришга ҳам хизмат қилади. Пружиналарнинг эластиклиги рамканинг бурилиш бурчагини ростлаб туради. Кучи катта тоқлар ўтганда рамка катта бурчакка бурилади, бу ҳол C стрелка ёрдамида B шкалада ўз аксини топади. Бундай гальванометрларнинг сезгирлиги ҳар бир бўлимга 10^{-9} А га етади. Агар шкала ампер ҳисобида даражаланса, амперметр ҳосил бўлади. Вольтметр ҳам худди шундай тузилган, бироқ рамкага кетма-кет қилиб катта қаршилик уланган бўлади. Вольтметр занжирга параллел улангани учун қўшимча қаршилик бўлмаганда вольтметр кўп электр энергияси ютиб қўяди. Бунинг олдини олиш учун вольтметрга қўшимча қаршилик уланади.



73- расм.



74- расм.

2. Электр двигатели. Ток билан магнитнинг ўзаро таъсирини кўп ихтирочилар электр энергиясини механик энергияга айлантирадиган электр двигатели яратиш учун қўллашга уриниб кўрганлар. Чет эл олимлари электр двигатели устида иш олиб борар эканлар, буғ машинасининг тузилишини кўр-кўрона кўчиришга ҳаракат қилдилар. Рус академиги Б. С. Якоби техникадаги сийқаси чиққан йўлдан бормади, балки асл новатор сифатида 1834 йилда жаҳонда биринчи бўлиб якори айланадиган электр двигатели яратди. У шундай деб ёзган эди: «Биринчидан, электр мотори буғ машинасидан анча арзон, иккинчидан, кам эскиради, учинчидан, деярли шовқинсиз ишлайди, тўртинчидан, унинг портлаш хавфи йўқ, буғ машинасидан фарқ қилиб тутун чиқармайди, қозон ва совитгичга муҳтож эмас, бешинчидан, ишлатилишига ҳаражат кам кетади». У ясаган мотор қайиққа ўрнатилди ва 1838 йилда Нева дарёсида синаб кўрилди.

1872 йилда рус ихтирочиси В. Н. Чикалев дунёда биринчи бўлиб электр юритмасини қўллади. У тикув машинасини электр двигатели билан юргизди. Ҳозирги вақтда станокларда электр юритмаси саноат ва қишлоқ хўжалигининг барча соҳалариди кенг қўлланилади.

Ҳозирги замон электр двигателининг ишлаш принципини тушуниб олиш учун 74-расмда кўрсатилган схемани кўриб чиқамиз.

Кучли магнит (ёки электромагнит) қутблари орасига ўқда эркин айлана оладиган тўғри бурчакли $ABCD$ рамка кўринишида ўтказгич жойлаштирамиз. Ўққа бир-биридан изоляцияланган a ва b мис ярим ҳалқалар маҳкамланган бўлиб, улар қўзғалувчан рамканинг учларига уланган. Ток ярим ҳалқаларга ёпишиб турувчи икки металл пластинка (чўткалар) орқали ўтади. Токнинг магнит майдони билан доимий магнитнинг (ёки электромагнитнинг) магнит майдони ўзаро таъсир қилганда рамканинг AB қисми юқорига, яъни N шимолий қутб олдида, рамканинг CD қисми эса пастга, яъни S жанубий қутб олдида ҳаракатланади. Бундай икки куч (жуфт куч) таъсирида рамка-вертикал (нейтрал) вазиятгача бурилади. Агар a ва b ярим ҳалқалар бўлмаганда эди, рамканинг ҳаракати шу билан тўхтаган бўлар эди. Бироқ рамка инерцияси туфайли бу вазиятдан ўтиб кетади, бунда ярим ҳалқалар ўз ўрнини алмаштиради. Шунинг натижасида токнинг йўналиши автоматик равишда ўзгаради. Бундай янги вазиятда AB ўтказгич туша бошлай-

ди (S қутб олдида), CD ўтказгич эса кўтарилса бошлайди (N қутб олдида).

Шундай қилиб, яна рамкани дастлабки йўналишда (соат стрелкасига тескари) айлантирадиган жуфт куч юзага келади. Магнит майдонида токли ўтказгичнинг узлуксиз айланисига шу йўл билан эришилади. Токнинг йўналишини автоматик ўзгартиришга ёрдам берадиган ярим ҳалқалар коллектор деб аталади.

57-§.

Магнит майдонининг индукцияси

Узунлиги l бўлган тўғри ўтказгични магнит майдонига унинг куч чизиқларига перпендикуляр ҳолда жойлаштирамиз ва ўтказгичдан I ток ўтказамиз.

Таърибанинг кўрсатишича, ўтказгичга катталиги токка ва ўтказгичнинг узунлигига тўғри пропорционал бўлган F куч таъсир қилади, яъни

$$F = BI l,$$

бу ерда F — магнит майдонининг кучи, I — ток кучи, l — ўтказгичнинг узунлиги, B — магнит майдонининг айна шу нуқтадаги таъсири интенсивлигини характерловчи пропорционаллик коэффициентини. Бу коэффициент магнит индукцияси деб аталади.

$F = BI l$ формуладан B ни топамиз:

$$B = \frac{F}{I \cdot l}.$$

Бу формула шуни кўрсатадики, майдоннинг бир нуқтасидаги магнит индукцияси деб магнит майдонининг шу нуқтасида куч чизиқларига перпендикуляр равишда жойлаштирилган 1 м узунликдаги ўтказгичдан 1 А ток ўтиб турганда унга таъсир қилаётган кучга сон жиҳатидан тенг бўлган катталиққа айтилади. Магнит индукцияси вектордир. Магнит индукциясининг вектори майдоннинг шу нуқтасида таъсир қилаётган куч билан бир хил йўналади.

Магнит индукциясининг СИ системасидаги бирлигини келтириб чиқарамиз:

$$B = \frac{F}{l}; \quad [B] = \frac{1 \text{ ньютон}}{1 \text{ ампер} \cdot 1 \text{ метр}} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}.$$

Магнит индукциясининг бу бирлиги югославиялик физик Тесла шарафига тесла (T) деб аталади.

Магнит индукциясининг СГС системасидаги бирлиги гаусс (Гс):

$$1 \text{ Гс} = 10^{-4} \text{ Т.}$$

Майдоннинг магнит индукциясини ҳисоблашга доир мисол келтирамиз. Узунлиги 0,5 м бўлган ўтказгич магнит майдонида жойлашган. Бу ўтказгичдан 2 А ток ўтганда унга куч чизиқларига перпендикуляр равишда 5 Н куч таъсир қилади. Майдоннинг магнит индукцияси нимага тенг?

Берилган:

$$l = 0,5 \text{ м}, I = 2 \text{ А}, F = 5 \text{ Н.}$$

Барча маълумотлар СИ бирликларида ифодаланган. Ҳисоблайлик:

$$B = \frac{F}{Il}; \quad B = \frac{5 \text{ Н}}{2 \text{ А} \cdot 0,5 \text{ м}} = 5 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = 5 \text{ Т.}$$

Магнит индукцияси модданинг магнит хоссаларини ҳам характерлайдиган катталиқдир.

Агар магнит майдонига токли ўтказгич ўрнига зарралари хусусий магнетизмга эга бўлган модда, масалан, темир жойлаштирсак, темир зарралари майдоннинг куч чизиқлари бўйлаб жойлашади ва жисм ўзининг қўшимча магнит майдонини вужудга келтиради. Магнит майдонларининг қўшилиши натижасида жисм моддасининг ичида магнит майдони кучаяди ва жисм моддасидан ташқарида баъзи соҳаларда магнит майдони заифлашади.

Магнит майдонининг моддадаги куч характеристикаси магнит индукциясидир.

Барча нуқталарида магнит индукцияси вектори бир хил (катталиги ва йўналиши бир хил) бўлган магнит майдони бир жинсли магнит майдони дейилади.

Бир жинсли майдоннинг магнит куч чизиқлари ўзаро параллел бўлади. Магнитнинг (ёки электромагнитнинг) ўзаро параллел ва жуда яқин жойлашган қутблари орасидаги ёки узун токли ғалтак ичидаги майдон бир жинсли майдон бўлади (75-расм).

Магнит куч чизиқлари магнит майдонининг яққол тасвирланиши учунгина эмас, балки магнит индукциясининг катталигини яққол тасвирлаш учун ҳам хизмат қилади.



75-расм.

Шартли равишда шундай фараз қилинади: куч чизиқларига перпендикуляр равишда жойлашган 1 см² юз орқали ўтадиган чизиқлар сони сиртнинг шу қисмидаги майдон индукциясининг гаусс ҳисобида олинган сон қийматига тенгдир.

Масалан, индукция 1 Т га тенг бўлса, у ҳолда 1 см² юз орқали унга перпендикуляр равишда 10⁴ куч чизиги ўтади; агар индукция 15 Т га тенг бўлса, у ҳолда 1 см² юз орқали унга перпендикуляр йўналишда 15 · 10⁴ куч чизиги ўтади.

58- §.

Магнит оқими

Бир жинсли майдонда куч чизиқлари узаро параллел бўлади ва магнит индукциясининг вектори катталик ва йўналиш жиҳатидан майдоннинг ҳамма нуқталари учун бир хил бўлади. Шунинг учун индукцияси B (Т) бўлган бир жинсли майдонда куч чизиқларига перпендикуляр жойлашган S (м²) юз орқали Φ дона куч чизиги ўтади.

S юз орқали ўтадиган магнит куч чизиқлари сони магнит оқими дейилади.

Агар Φ (грекча «фи» ҳарфи) — магнит оқими, S — бу оқим кесиб ўтадиган юз, B — майдоннинг магнит индукцияси бўлса, у ҳолда

$$\Phi = BS.$$

Магнит оқимининг СИ системасидаги бирлигини келтириб чиқарамиз:

$$[\Phi] = 1 \text{ Т} \cdot 1 \text{ м}^2 = 1 \text{ Вб (вебер)}.$$

СИ системасида магнит оқимининг бирлиги учун вебер олинган, бу birlik немис физиги Вебер шарафига шундай аталган.

СГС системасида магнит оқимининг бирлиги максвелл-дир (Мкс).

$$1 \text{ Вб} = 10^8 \text{ Мкс}; \quad 1 \text{ Мкс} = 10^{-8} \text{ Вб}.$$

Мисол. Бир жинсли магнит майдонининг магнит индукцияси 4 Т. Куч чизиқларига перпендикуляр жойлашган 50 см² юз орқали қандай магнит оқими ўтади?

Берилган:

$$B = 4 \text{ Т}; \quad S = 50 \text{ см}^2 = \frac{50}{10000} \text{ м}^2 = 0,005 \text{ м}^2;$$

Магнит оқими формуласига катталикларнинг сон қийматини қўйиб, ҳисоблаймиз:

$$\Phi = BS; \quad \Phi = 4 \text{ Т} \cdot 0,005 \text{ м}^2 = 0,02 \text{ Вб}.$$

Магнит майдони индукциясини $B = \frac{\Phi}{S}$ формула билан ифодаб, индукция бирлиги—теслани аниқлаш мумкин:

$$[B] = \frac{1 \text{ Вб}}{1 \text{ м}^2} = 1 \text{ Т.}$$

Тесла шундай магнит индукциясидирки, бунда 1 м² га тенг кўндаланг кесим юзи орқали 1 Вб га тенг магнит оқими ўтади.

59- §.

Магнит сингдирувчанлик

Токнинг магнит майдони ўзининг маълум бир нуқтасида турли интенсивликка эга бўлиши мумкин.

Агар I_1 ва I_2 тоқлар ўтаётган иккита параллел сим олиб, уларнинг магнит майдонларининг ўзаро таъсир кучиши ўлчасак, бу кучлар биринчидан, тоқлар кучига, иккинчидан, симлар орасидаги масофага ва учинчидан, тоқли симлар турган муҳитнинг магнит хоссаларига боғлиқ эканига ишонч ҳосил қиламиз.

Тоқли симларнинг ўзаро таъсир қилувчи магнит кучлари СИ системасида қуйидаги формула билан аниқланиши мумкин эканлиги тажрибада топилган:

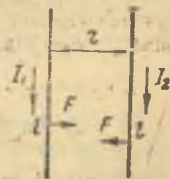
$$F = \mu_0 \frac{I_1 I_2 l}{2 \pi r},$$

бу ерда F — натижавий куч, μ_0 (грекча «мю» ҳарфи) — ўзида магнит майдони юзага келаётган муҳитнинг магнит хоссаларини характерловчи катталиқ бўлиб, муҳитнинг абсолют магнит сингдирувчанлиги деб аталади, I_1 ва I_2 — симлардаги ток кучлари, r — симлар орасидаги масофа бўлиб, симлар ингичка бўлганда бу масофа уларнинг ўқлари орасидаги масофага тенг, l — симларнинг бир-бирига параллел жойлашган қисмдаги узунлиги (76- расм).

Агар ток кучлари бир хил, яъни $I_1 = I_2 = I$ бўлса, у ҳолда F кучнинг формуласи

$$F = \mu_0 \frac{I^2 l}{2 \pi r}$$

қуринишга келади.



76- расм.

Муҳитнинг абсолют магнит сингдирувчанлиги (μ_a) ни икки катталикнинг кўпайтмаси шаклида шундай ёзиш мумкин:

$$\mu_a = \mu \mu_0$$

Бу ерда μ — муҳитнинг хоссаларигагина боғлиқ бўлиб, бирликлар системасининг танланишига боғлиқ бўлмаган ўлчамсиз катталик, μ_0 — ўлчамли катталик бўлиб, унинг ўлчамлиги ва сон қиймати фақат бирликлар системасининг танланишига боғлиқ бўлади ва муҳитнинг хоссаларига боғлиқ бўлмайди.

μ_0 катталик магнит доимий си дейилади ва қуйидагига тенг:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г/м (метрга генри);}$$

μ катталик нисбий магнит сингдирувчанлик дейилади ва айни шу муҳитдаги токли ўтказгичлар орасидаги ўзаро таъсир кучлари вакуумдагидан неча марта катта эканини билдиради.

Вакуум учун $\mu = 1$.

Нисбий магнит сингдирувчанлик абстракт сон бўлиб, баъзи моддалар учун у бирдан катта, баъзи моддалар учун бирдан кичик бўлиши мумкин. Масалан, темир учун $\mu = 5000$, никель учун $\mu = 300$, вольфрам учун $\mu = 1,000175$, мис учун $\mu = 0,999912$.

$\mu_a = \mu \mu_0$ формуладан фойдаланиб, параллел ўтказгичларнинг ўзаро таъсир этувчи кучини

$$F = \mu \mu_0 \frac{I_1 I_2 l}{2 \pi r}$$

кўринишда ёзиш мумкин.

Катталиклари бир хил бўлган параллел тоқларнинг вакуумдаги ўзаро таъсир кучини шундай ифодалаш мумкин:

$$F_0 = \mu_0 \frac{I^2 l}{2 \pi r}$$

Бу формула, халқаро келишувга мувофиқ, бир ампер тоқ катталигини аниқлаш учун қўлланилади, биз буни 29-§ да кўриб ўтган эдик.

Масала ечишда $\mu_0 = \frac{2 \pi r F_0}{I^2 l}$ ни Н/А² билан ифодалаш

мумкин эканлиги юқоридаги формуладан кўриниб турибди.
Қуйидаги

$$F = \mu\mu_0 \frac{I^2 l}{2 \pi r}$$

(57- § даги)

$$F = BI l$$

Формулаларни солиштириб, B ни шундай ифодалаш мумкин:

$$B = \mu\mu_0 \frac{I}{2 \pi r}$$

Француз олимлари Ж. Био ва Ф. Савар тўғри ток магнит майдонининг бирор нуқтасидаги B индукцияси ўтказгичдаги I ток кучига тўғри пропорционал, ўтказгичдан майдон ўлчанаётган нуқтагача бўлган r масофага тескари пропорционал ва атроф муҳитнинг хоссаларига боғлиқ эканини аниқладилар.

Улар r радиусли айланма ток марказида магнит майдони индукцияси қуйидаги формула билан ифодаланишини ҳам аниқладилар:

$$B_{\text{айл}} = \mu\mu_0 \frac{I}{2r}$$

Мисоллар.

1. Ҳавода турган ингичка тўғри симдан 0,2 м масофадаги нуқтадаги B индукцияни аниқлайлик. Симдан ўтаётган ток кучи 10 А га тенг. Берилган:

$$r = 0,2 \text{ м}; \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г/м}; \quad \mu = 1; \quad I = 10 \text{ А.}$$

Магнит индукциясини

$$B = \mu\mu_0 \frac{I}{2 \pi r}$$

Формуладан аниқлаймиз.

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г/м} \cdot 10 \text{ А}}{2\pi \cdot 0,2 \text{ м}} = 10^{-5} \frac{\text{Г} \cdot \text{А}}{\text{м}^2} = 10^{-5} \text{ Т.}$$

2. Иккита ингичка параллел сим ҳавода бир-биридан 0,5 м масофада жойлашган. Биринчи симдаги ток кучи 10 А, иккинчи симдаги ток кучи 20 А. Симларнинг 2 м узунликдаги ўзаро таъсир кучини аниқланг. Берилган:

$$r = 0,5 \text{ м}; \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г/м}; \quad \mu \approx 1;$$

$$I_1 = 10 \text{ А}; \quad I_2 = 20 \text{ А}; \quad l = 2 \text{ м.}$$

Симларнинг ўзаро таъсир кучини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$F = \mu\mu_0 \frac{I_1 I_2 l}{2 \pi r}$$

$$F = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г/м} \cdot 10 \text{ А} \cdot 20 \text{ А} \cdot 2 \text{ м}}{2\pi \cdot 0,5 \text{ м}} = 16 \cdot 10^{-5} \frac{\text{А}^2 \cdot \text{Г}}{\text{м}} =$$

$$= 16 \cdot 10^{-5} \frac{\text{А}^2 \cdot \text{Н}}{\text{А}^2} = 16 \cdot 10^{-5} \text{ Н}.$$

60- §.

Магнит майдонининг кучланганлиги

Магнит майдонини ҳисоблашда ўтказгичнинг геометрик шаклига, унинг жойлашиши, ундаги ток кучи, шунингдек муҳитнинг магнит хоссаларига боғлиқ бўлган индукциядан фойдаланилади. Бироқ муҳитнинг магнит хоссаларига боғлиқ бўлмай, ток кучи ва ўтказгич шаклига боғлиқ бўлган қушимча катталикдан ҳам фойдаланилади. Бу катталик магнит майдонининг тайинли бир нуқтадаги кучланганлиги дейилади ва H билан белгиланади. B магнит индукцияси ва H кучланганлик ўзаро қуйидаги муносабат билан боғланган:

$$B = \mu_a H = \mu_0 \mu H,$$

бундан

$$H = \frac{B}{\mu_a}.$$

Бу формуладан магнит майдонининг бирор нуқтадаги кучланганлиги магнит индукциясининг муҳитнинг абсолют сингдирувчанлигига нисбати билан аниқланиши келиб чиқади. Магнит майдони кучланганлигининг СИ системасидаги ўлчов бирлиги номини топайлик:

$$H = \frac{B}{\mu_a}; [H] = \frac{1 \text{ Т}}{1 \frac{\text{Г}}{\text{м}}} = \frac{1 \frac{\text{А} \cdot \text{м}}{\text{А}^2}}{1 \frac{\text{Н}}{\text{А}^2}} = 1 \text{ А/м}.$$

Шундай қилиб, магнит майдони кучланганлигининг бирлиги 1 А/м га тенг экан. Баъзан магнит майдони кучланганлигининг эрстед (Э) деб аталадиган бошқа бирлигидан фойдаланилади:

$$1 \text{ Э} \approx 80 \text{ А/м}; \quad 1 \frac{\text{А}}{\text{м}} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ Э}.$$

Магнит майдонининг кучланганлиги вектор катталик бўлиб, барча йўналишлар бўйлаб магнит хоссалари бир хил

бўлган муҳитда (изотроп муҳитда) унинг йўналиши магнит индукцияси вектори билан бир хил бўлади.

Қуйидаги

$$B = \mu_0 \mu \frac{I}{2\pi r} \quad \text{ва} \quad B = \mu_0 \mu H$$

формулаларни таққослаб,

$$\mu_0 \mu H = \mu_0 \mu \frac{I}{2\pi r}$$

муносабатни топамиз, бундан $H = \frac{I}{2\pi r}$.

Бу формуладан тўғри қизиқли ўтказгичдан ўтаётган ток магнит майдонининг маълум бир нуқтасидаги кучланганлиги сон жиҳатидан ток кучининг бу нуқтадан ўтаётган магнит куч чизигининг узунлигига нисбатига тенг эканлиги келиб чиқади (77-расм). Охири формуладан магнит майдони кучланганлигининг СИ системасидаги ўлчов бирлигини ҳам келтириб чиқариш мумкин. Агар $I = 1 \text{ А}$, $2\pi r = 1 \text{ м}$ бўлса, у ҳолда

$$[H] = 1 \text{ А/м}$$

бўлади.

Тўғри қизиқли узун ўтказгичдан ўтаётган 1А ток ҳосил қилган магнит майдонининг ўтказгичдан 1/2π метр масофадаги кучланганлиги „метрга ампер“ деб аталади.

Магнит майдонининг радиуси r бўлган I айланма ток марказидаги кучланганлиги

$$H_{\text{ай}} = \frac{I}{2r}$$

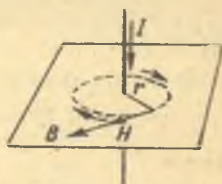
формула билан аниқланади.

Узунлиги диаметрига нисбатан жуда катта бўлган соленоид ичида унинг ўқидаги майдон кучланганлиги шундай ифодаланади:

$$H_{\text{сол}} = \frac{IN}{l} = In,$$

бу ерда n —соленоиднинг узунлик бирлигига тўғри келадиган ўрамлари сони.

Бу формуладан магнит майдони кучланганлигининг СИ системасидаги бирлигини, яъни метрга амперни аниқлаш мумкин. *Метрга ампер—ўрамларидан 1/n А ток ўта-*



77-расм.

ётган ва узунлигининг ҳар бир метрига n ўрам тўғри келадиган узун соленоид ҳосил қилган магнит майдонининг соленоид марказидаги кучланганлигидир.

Мисоллар.

1. Тўғри чизиқли симдан ўтаётган токнинг кучи 25,12 А. Симдан 0,1 м масофада магнит майдонининг кучланганлиги нимага тенг?

Берилган:

$$I = 25,12 \text{ А}, \quad r = 0,1 \text{ м}.$$

Майдоннинг кучланганлигини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$H = \frac{I}{2\pi r}; \quad H = \frac{25,12 \text{ А}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \text{ м}} = 40 \text{ А/м}.$$

2. Агар тўғри симдан 0,2 м масофада магнит майдонининг кучланганлиги 10 А/м бўлса, бу симдан ўтаётган ток кучи нимага тенг экан?

Берилган:

$$H = 10 \text{ А/м}, \quad r = 0,2 \text{ м}.$$

Кучланганликнинг

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

формуласидан ток кучини аниқлаймиз:

$$I = 2\pi r \cdot H;$$

$$I = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 10 \text{ А/м} = 12,56 \text{ А}.$$

3. Темирнинг магнит сингдирувчанлиги $\mu = 5000$ деб олиб, кучланганлиги 20 000 А/м бўлган магнит майдонига жойлаштирилган темирдаги магнит индукциясини аниқланг.

Берилган:

$$H = 2 \cdot 10^4 \text{ А/м}, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г/м}, \quad \mu = 5000.$$

Магнит индукциясини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$B = \mu_0 \mu H;$$

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г/м} \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ А/м} = 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Н}}{\text{А}^2} \times$$

$$\times 5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^4 \frac{\text{А}}{\text{м}} = 125,6 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = 125,6 \text{ Т}.$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Токли ўтказгичнинг магнит майдонидаги ҳаракати йўналиши қандай икки шартга боғлиқ бўлади?

2. Чап қўл қондаси қандай ҳолларда ишлатилади ва у қандай таърифланади?

3. Магнит майдонидаги токли ўтказгичга таъсир қилаётган кучнинг катталиги нимага боғлиқ?

4. Магнит индукцияси деб нимага айтилади?

5. Магнит индукцияси скаляр миқдорми ёки векторми?

6. Магнит индукцияси СИ системасида қандай бирликлар билан ўлчанади?

7. Магнит оқими деб нимага айтилади ва у СИ системасида қандай бирликлар билан ўлчанади?

8. Муҳитнинг абсолют магнит сингдирувчанлиги СИ системасида қандай бирликлар билан ўлчанади?

9. СИ системасида магнит доимийси нимага тенг?

10. Магнит майдонининг кучланганлиги деб нимага айтилади?

11. Магнит майдонининг кучланганлиги скаляр миқдорми ёки векторми?

12. Магнит майдонининг тайинли бир нуқтасидаги кучланганлигини қандай формула билан ҳисоблаб чиқариш мумкин?

13. Тўғри чизиқли ток ҳосил қилган магнит майдонининг маълум бир нуқтасидаги индукциясини қандай формула билан ҳисоблаб чиқариш мумкин.

14. Метрга ампер дегани нима?

15. Магнит майдонига жойлаштирилган 0,4 м симдан 5 А ток ўтиб турганида бу симга майдоннинг куч чизиқларига перпендикуляр йўналишда 0,2 кг куч таъсир қилади. Майдоннинг магнит индукцияси нимага тенг?

Жавоби: 0,98 Т.

16. Кучланганлиги 50 000 А/м бўлган магнит майдонига жойлаштирилган никелдаги магнит индукциясини аниқланг. Никелнинг магнит сингдирувчанлиги $\mu = 300$.

Жавоби: 18,84 Т.

17. Тўғри симдан 125,6 А ток ўтмоқда. Симдан 2 м масофада ҳавода магнит майдонининг кучланганлиги нимага тенг бўлади?

Жавоби: 10 А/м.

18. Тўғри симдан ўтаётган ток кучи 9,42 А. Симдан қандай масофада магнит майдонининг ҳаводаги кучланганлиги 3 А/м га тенг бўлади?

Жавоби: 0,5 м.

61 - §.

Парамагнит, ферромагнит ва диамагнит моддалар

Турли моддаларнинг магнит хоссаларини урганиб, олимлар бу моддаларнинг магнит сингдирувчанлиги вакуумнинг сингдирувчанлигидан катта ҳам, кичик ҳам бўлиши мумкин эканлигини аниқладилар.

Магнит сингдирувчанлигининг катталигига қараб моддалар парамагнит, ферромагнит ва диамагнит моддаларга бўлинади.

Магнит сингдирувчанлиги вакуумнинг магнит сингдирувчанлигидан озгина катта бўлган моддалар парамагнит моддалар дейилади ($\mu > 1$). Парамагнит моддалар жумласига алюминий, платина, натрий, хром, марганец, темир тузларининг эритмалари, кислород, ҳаво ва бошқалар киради.

Агар ипга осилган алюминий стерженчани кучли маг-

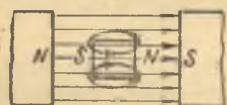
нитнинг қутблари орасидаги магнит майдонига келтирсак (78- *a* расм), бу стерженчанинг узун ўқи майдоннинг куч чизиқлари йўналишида жойлашади. Барча парамагнит моддалар магнит майдонида ўзларини ана шундай тутати. Бу моддалар магнит майдонига тушганига стержень учларида магнит майдонини ўз магнетизми ҳисобига бироз кучайтиради (78- *b* ва *в* расм). Бунинг сабаби шундаки, парамагнит моддаларнинг атомларида ядролар атрофида ҳаракатланаётган электронларнинг ўз магнит майдони бўлади. Бундай электронларнинг магнит майдонлари жуда заиф, бироқ улар орбиталарининг фазода ўзига хос жойлашиши туфайли магнит майдонлари бир-бирларини қисман кучайтиради ва атомнинг магнит майдони маълум даражада сезиладиган заиф қутбларга эга бўлади. Ташқи майдон таъсирида бундай атомлардан жуда заиф магнитчалар тарзидаги маржонлар юзага келади. Бунинг натижасида атомларнинг умумий магнит майдони парамагнетикни магнитлаётган ташқи майдон бўйлаб йўналади, оқибатда ташқи майдон стерженнинг учларида кучаяди ва унинг ён томонларида сусаяди.

Ферромагнит моддалар (ёки ферромагнетиклар) деб магнит сингдирувчанлиги вакуумнинг магнит сингдирувчанлигидан кўп марта катта бўлган моддаларга айтилади.

Бундай моддалар жумласига темир, чуян, пўлат, никель, гобальт, қатор магнит қотишмалари, масалан, магнито ва сошқалар қиради.



a



b

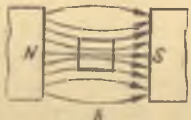


b

78- расм.



a



b

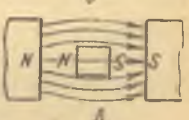
79- расм.



a



b



b

80- расм.

Агар ипга осилган темир стерженчани магнитнинг қутблари орасидаги магнит майдонига киритсак, унинг узун ўқи майдон куч чизиқлари йўналишида жойлашади. Барча ферромагнетиклар магнит майдонида ўзларини шундай тутади.

Магнит майдонига киритилганда бундай моддалар магнитланади ва ўзларининг қутблари олдидаги магнетизми билан майдонни анча кучайтиради (79-а ва б расм). Ферромагнетикларнинг магнит индукцияси парамагнетикларникидан кўп марта катта. Кучли магнит майдони ҳосил қилиш керак бўлган жойда ферромагнетиклар ишлатилади.

Ферромагнетикларнинг кучли магнитланишига уларнинг ичида спонтан равишда (ўз-ўзидан) магнитланувчи соҳалар борлиги сабаб бўлади. Бу соҳалар доменлар деб аталади. Алоҳида доменлардаги магнит майдонларининг йўналишлари бир хил эмас, шунинг учун ташқи магнит майдони бўлмаганида бутун ферромагнетик магнитланмаган бўлади.

Ташқи магнит майдони таъсирида доменлар магнит майдонлари бир-бирини кучайтирадиган бўлиб қайта магнитланади. Барча доменлардаги магнит майдонлари ташқи магнит майдони бўйлаб йўналганда магнит майдони энг кўп кучаяди. Ферромагнетикнинг энг кўп магнитланиш ҳолати *магнит тўйиниши* деб аталади.

Доменларнинг ҳосил бўлишига электронларда хусусий магнит моментлари (бошқача айтганда, спинли магнит моментлари) борлиги сабаб бўлади. Хусусий магнит моментлари бу курсда батафсил урганилмайди.

Ферромагнетикларнинг яна бир хусусияти бор эканлигини қайд қилайлик: Кюри нуқтаси деб аталадиган маълум бир температурада ферромагнетикларнинг магнит хоссалари батамом йўқолади. Кюри нуқтасидан юқори температурага қизитилган ферромагнетик одатдаги парамагнетик бўлиб қолади. Темир учун Кюри нуқтаси 770°C га тенг.

Магнит сингдирувчанлиги вакуумнинг магнит сингдирувчанлигидан кичик бўлган моддалар диамагнит моддалар дейилади ($\mu < 1$). Булар жумласига висмут, сурьма, қўрғошин, кумуш, мис, олтин, сув, аргон, гелий, неон, криптон, ксенон, барча органик моддалар, масалан, қанд, крахмал ва бошқалар киради.

Агар ипга осилган мис стерженчани кучли магнит майдонига киритсак, у ўзининг учлари билан магнитнинг қутбларидан итарилиб куч чизиқларига перпендикуляр жойлашади (80-а расм).

Магнит майдонига кирган диамагнит моддалар ўзининг учларида магнит майдонини сусайтиради. Диамагнит модда ичида магнит майдони унинг ташқарисидадан янада заифроқдир (80- б ва в расм).

Диамагнетизм ҳодисаси қуйидагидан иборат. Диамагнетик атомларида электронлар ядро атрофида турли йўналишларда ҳаракатланади, аксарият бир-бирига қарама-қарши йўналишда ҳаракатланади. Бунинг натижасида электронлар майдонларининг магнит қутблари нейтраллашади ва атомлар магнит жиҳатидаи нейтрал бўлади.

Ташқи магнит майдони диамагнетикнинг атомларининг электронларига таъсир қилиб, улардан баъзиларининг ҳаракат йўналишини ўзгартиради ва ўзи ҳам уларнинг акс таъсирига дуч келади. Натижада диамагнетик бирмунча магнитланади, бироқ унинг магнит майдони ташқи магнит майдонига қарама-қарши йўналган бўлади, шунинг учун диамагнетик ўзи турган майдонни сусайтиради.

62- §.

Ўзгармас ва ўзгарувчан магнит майдонлари

Агар ўтказгич қўзғалмаса, ундан йўналиши ва кучи ўзгармайдиган ток ўтаётган бўлса, унинг магнит майдонининг исталган нуқтасида индукция ўз йўналишини ва катталигини ўзгартирмайди, яъни магнит майдонининг ихтиёрий нуқтасида индукция вектори вақт ўтиши билан ўзгармайди.

Қўзғалмас доимий магнитнинг майдони тўғрисида ҳам худди шундай дейиш мумкин.

Вақт ўтиши билан индукция вектори барча нуқталарда ўзгармайдиган магнит майдони ўзгармас магнит майдони дейилади.

Агар: 1) токли ўтказгични силжитсак, 2) ундаги ток кучини реостат ёрдамида бир оз камайтириб ёки кўпайтириб, ёки включатель ёрдамида батамом узиб ўзгартирсак, 3) ўтказгичдаги токнинг йўналишини ўзгартирсак, у ҳолда магнит майдони ўзгаради, индукция вектори ҳам майдоннинг ҳар бир нуқтасида ўзгаради, яъни вақт ўтиши билан ўзининг йўналиши ёки катталигини, ёки йўналишини ҳам, катталигини ҳам ўзгартиради. Доимий магнитни силжитганимизда ҳам биз ҳар бир нуқтасида ўзгарувчи магнит майдони ҳосил қиламиз.

Вақт ўтиши билан ҳар бир нуқтасида индукция векторининг катталиги ёки йўналиши ўзгарадиган магнит майдони ўзгарувчан магнит майдони дейилади.

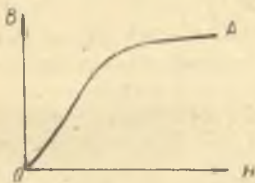
Ўзгарувчан магнит майдони ферромагнетикларнинг хоссаларини урганишда катта аҳамият касб этади.

Агар токли ғалтакка ферромагнетиклар (темир, пўлат, никель, кобальт ёки баъзи магнит қотишмалари) киритилса, у ҳолда ферромагнетикнинг магнит майдони ҳисобига ғалтак майдонининг магнит индукцияси анча ортади. Бу ҳодисанинг моҳияти 61-§ да баён қилинган.

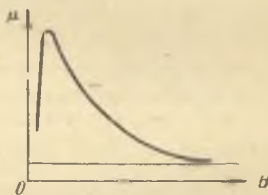
Агар ғалтакдаги ток кучи кўпайтирилса, ғалтакнинг магнит майдони ҳам ортади, у билан бирга эса ўзакнинг магнит индукцияси ҳам ортади. Бироқ бу ердаги боғланиш тўғри пропорционал боғланиш бўлмайди. Бундан ферромагнетикнинг магнит сингдирувчанлиги доимий катталик эмаслиги, яъни ташқи майдонга боғлиқ бўлган ўзгарувчан катталик эканлиги келиб чиқади.

Ҳақиқатан ҳам, агар μ сингдирувчанлик доимий катталик бўлганида эди, $B = \mu\mu_0 H$ индукция тўғри пропорционаллик қонунига мувофиқ ўзгарар ва график координаталар бошидан чиқувчи қия тўғри чизиқ булар эди.

1872 йилда Москва университетининг профессори А. Г. Столетов олиб борган тадқиқотлар ферромагнетикнинг магнитланиш процесси график равишда ҳар бир ферромагнит материал учун характерли бўлган эгри чизиқ билан ифодаланишини кўрсатди (пўлатнинг магнитланиш графиги 81-расмда тасвирланган).



81- расм.



82- расм.

Токли ғалтак магнит майдонининг кучланганлиги орта борган сари ўзакда ташқи майдон йўналишида қайта магнитланган доменлар сони ортади, бунинг натижасида ўзакнинг магнит индукцияси ортади ва графикда эгри чизиқ юқорига кўтарилади. Бироқ ўзакнинг магнитланиши чексиз ортавериши мумкин эмас. Ғалтак магнит майдонининг кучланганлиги маълум катталикка етгандан кейин ўзакдаги барча доменлар ташқи майдон йўналишида қайта магнитланиб бўлади ва ўзак янада магнитланишдан тўхтади (А нуқта).

Бу ҳолда ферромагнетик магнит тўйиниш ҳолатига эришади ва графикда эгри чизиқ кучланганлик ўқига параллел бўлган тўғри чизиққа яқинлашади.

Агар бирор ферромагнетикнинг магнит сингдирувчанлигининг майдон кучланганлигига боғлиқ равишда ўзгариш графигини ясасак, шундай ўзига хос бир эгри чизиқ ҳосил қиламизки, унда магнит сингдирувчанликнинг майдон кучланганлигининг аниқ бир қийматига мос келувчи максимал қиймати яққол кўришиб туради (82-расм).

H орта боргани сари μ нинг тез ўсиши ва ўзининг максимумига эришгандан сўнг аста-секин камайиб, вакуумнинг магнит сингдирувчанлиги қийматига яқинлашиб бориши графикдан кўришиб турибди.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Қандай моддалар парамагнит моддалар, ферромагнит моддалар, диамагнит моддалар дейилади?
2. Парамагнит, ферромагнит, диамагнит моддаларга мисоллар келтиринг.
3. Парамагнетизм, ферромагнетизм ва диамагнетизм ҳодисалари электроний назария асосида қандай талқин қилинади?
4. Қандай магнит майдони ўзгармас магнит майлони дейилади?
5. Ўзгарувчан магнит майдони деб қандай майдонга айтилади?
6. Ўзгармас магнит майдонини амалда қандай ҳосил қилиш мумкин?
7. Ўзгарувчан магнит майдонини амалда қандай ҳосил қилиш мумкин?

63- §.

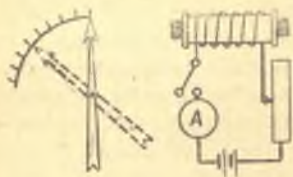
Ферромагнит жисмларнинг магнитланиши ва қайта магнитланиши

Ғалтак олиб, унинг ичига пулат узак жойлаштирамиз (83-расм). Ғалтакдаги ток кучини реостат билан кўпайтириб, ғалтакдаги магнит майдони кучланганлигини оширамиз, бунинг натижасида пулат узакдаги магнит индукцияси ортади. Ғалтакнинг магнит майдонига горизонтал ўқ атрофида айлана оладиган вертикал стрелка жойлаштириб, индукция ошганини сезиш мумкин. *H* ва *B* орасидаги боғланиш *OA* эгри чизиқ билан ифодаланади (84-расм).

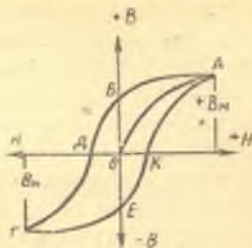
Агар *H* ни янада орттирсак, энди *B* ошмайди, чунки эгри чизиқ деярли горизонтал бўлиб қолган. Эгри чизиқнинг бу охириги қисми узакнинг тўйинишига, яъни унинг барча элементар магнитикларининг (доменларнинг) ташқи майдон бўйлаб йўналган ҳолатига тўғри келади.

Энди майдон кучланганлигини нолгача камайтирамиз. Бунда магнит индукцияси ҳам камаяди, бироқ у нолга тушиб қолмайди. *H* ва *B* орасидаги боғланиш *AB* эгри чизиқ билан ифодаланади. *OB* кесма қолдиқ индукцияни ифодалайди.

Пулатнинг магнитсизланиш процесси магнитланиш процессидан орқадан кўришиб турибди. Магнит индукцияси ўзгаришла-



83- расм.



84- расм.

рининг ташқи майдон кучланганлигининг тегишли ўзгаришларидан орқада қолишидан (ёки кечикишидан) иборат бу ҳодиса гистерезис деб аталади.

Ток йўналишини ўзгартирамиз, унда ғалтак майдонининг кучланганлиги йўналиши ҳам ўзгаради. Манфий токни кўпайтириб, биз майдоннинг кучланганлигини ўзакдаги магнит индукцияси нолга тенг бўладиган OD қийматга етказамиз. Майдон кучланганлигининг манфий қийматини янада орттириб, магнит индукциясини $-B_m$ қийматга етказамиз (G нуқта). Майдоннинг манфий кучланганлигини нолгача орттурсак, OE кесма қолдиқ магнетизмни ифодалаганини кўрамиз.

Майдон кучланганлигини мусбат қилиб олиб, уни бирор OK қийматгача орттирамиз, бунда индукция нолга тенг бўлади. Майдон кучланганлигини янада орттириб, индукцияни $+B_m$ қийматга етказамиз.

Ток кучи ўзгаришининг бир циклида пўлатнинг қайта магнитланиш ёпиқ эгри чизиғи ҳосил бўлганини кўрамиз. Бу $ABDGEKA$ эгри чизиқ гистерезис сиртмоғи деб аталади.

Пўлатнинг қайта магнитланишида энергия сарфланади, бу энергия иссиқликка айланиб ўзакни қиздиради.

Назариянинг кўрсатишича, гистерезис сиртмоғининг юзи бир циклда қайта магнитлаш учун кетган энергияга пропорционал бўлар экан.

Ферромагнит материаллар магнит жиҳатидан юмшоқ ва магнит жиҳатидан қаттиқ бўлган турларга бўлинади. Магнит жиҳатидан юмшоқ материалларда гистерезис сиртмоғининг юзи кичик бўлади, магнит жиҳатидан қаттиқ материалларда эса унинг юзи анча катта бўлади.

Пўлатнинг қайта магнитланишини биринчи бўлиб рус олими А. Г. Столетов 1872 йилда ўрганди. Бу тадқиқотлар электр машиналари ва аппаратларининг ҳисобларига асос қилиб олинган.

ЭЛЕКТРОМАГНИТИК ИНДУКЦИЯ

64- §.

Электромагнитик индукция ҳодисаси

1820 йилда даниялик физик Эрстед токнинг магнит таъсири пайқади. Токнинг магнит майдони таъсирида магнит стрелкаси ўзининг дастлабки мувозанат ҳолатидан оғади.

Инглиз физиги Фарадей бу кашфиёт билан танишгач, шундай хулосага келди: *модомики, берк ўтказгич бўйлаб оқайтган ток магнитни ҳаракатга келтирар экан, магнитнинг ҳаракатланиши ҳам берк ўтказгичда ток ҳосил қилиши керак.*

Бундай хулосанинг тўғрилигини Фарадей 1831 йилда кўп тажрибалар асосида тасдиқлади.

Ҳаракатланаётган магнит майдони таъсирида берк ўтказгичда ҳосил қилинган ток индукцион ток дейилади, индукцион ток ҳосил қилиш ҳодисаси эса электромагнитик индукция дейилади.

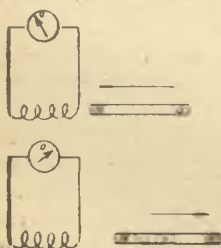
65- §.

Индукцион ток ҳосил бўлишининг асосий шартлари

Фарадейнинг индукцион ток ҳосил бўлшининг шартларини аниқлашга доир тажрибаларини кўриб чиқамиз.

1. Агар магнит берк контур ичига киритилса ёки контурдан чиқарилса, берк контурда ток индукцияланади; магнитни ғалтакка яқинлаштирганда гальванометр стрелкаси бир томонга, магнитни ғалтақдан узоқлаштирганда бошқа томонга оғади, бинобарин, индукцион ток йўналиши ўзгаради (85- расм).

Магнит қанча кучли, унинг ҳаракати қанча тез ва ғалтак ўрамлари қанча кўп бўлса, индукцион токнинг кучи шунча катта бўлади. Агар магнитни берк ғалтак яқинига ёки ҳаётто ғалтак

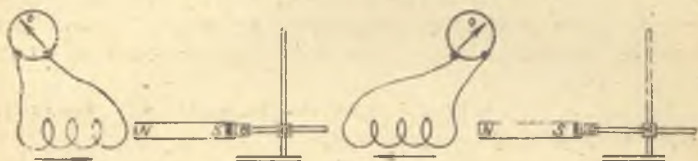


85- расм.

ичига жойлаштиради, магнит қўзғалмаганда (магнит атрофида магнит майдони мавжуд бўлиши ва ғалтак ўрамлари кўп бўлишига қарамай) индукцион ток бўлмайди. Бундан шундай хулоса чиқади: берк ўтказгичда индукцион ток ҳосил қилиш учун биргина магнит майдонининг бўлишигина етарли эмас, бунинг учун майдон ҳаракатланиши ёки ўзгариши керак.

Магнит берк ғалтакка яқинлашганда ғалтак ичида магнит оқими ортади ва бунинг натижасида ток пайдо бўлади. Магнит узоқлашганда ғалтак ичида магнит оқими камаяди, бу яна тескари йўналишдаги токнинг индукцияланишига сабаб бўлади.

2. Қўзғалмас магнитга учлари гальванометрга уланган изоляцион симли ғалтакни яқинлаштирамиз ёки ундан узоқлаштирамиз: ғалтакда индукцион ток ҳосил бўлади (86-

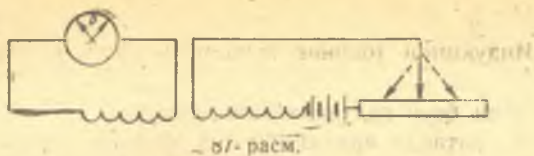


86- расм.

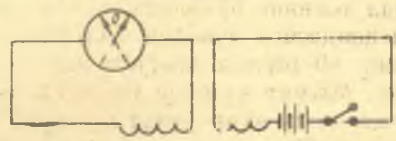
расм). Шундай бўлишини механик ҳаракатнинг ҳамма вақт нисбий эканлигини назарда тутган ҳолда биринчи тажриба асосида ҳам олдиндан билиш мумкин эди. Бу ҳолда ҳам ғалтакни кесиб ўтаётган магнит оқими ўзгаради, чунки ғалтак магнитнинг қутбига яқинлашганда ғалтакни кесиб ўтувчи куч чизиқлари ортади, ғалтак узоқлашганда унинг контуридаги куч чизиқлари камаяди.

3. Агар изоляцияли симдан қилинган икки ғалтакни ёнма-ён қўйиб, иккинчи ғалтакнинг учларини гальванометрга улаб, биринчи ғалтакнинг учларини элементлар батареясига 87- расмда кўрсатилгандек қилиб уласак, биринчи ғалтакдаги ток кучини реостат билан ўзгартириб, иккинчи ғалтакда индукцион ток ҳосил қилиш мумкин. Биринчи ғалтакда ток кучи ортганда ҳам, камайганда ҳам иккинчи ғалтакда индукцион ток пайдо бўлади, бироқ бунда индукцион токнинг йўналиши ўзгаради.

4. Агар ғалтаклар ичига темир ўзак қўйилса, индукцион токнинг пайдо бўлиш эффекти зўраяди. Биринчи ғалтакдаги ток таъсирида ўзак магнитланади ва биринчи ғалтакда ток кучининг ҳар қандай ўзгариши иккинчи ғалтакдан ўтаётган магнит оқимини кескин ўзгартиради. Натижада иккинчи ғалтакда кучлироқ ток индукцияланади.



87- расм.



88- расм.

5. Агар 88- расмда тасвирланган бирламчи занжир улаб-узиб турилса, иккинчи берк занжирда ток индукцияланади, бу токнинг йуналиши бирламчи занжирни ҳар бир улаганда ва узганда ўзгаради. Бу ҳолда ҳам иккинчи ғалтакни кесиб ўтувчи магнит оқими ўзгаради. Ҳақиқатан ҳам, биринчи занжир узук бўлганда магнит оқими нолга тенг бўлади. Бу занжир уланганда магнит майдони ҳосил бўлади ва магнит оқими деярли бир онда нолдан бирор қийматгача кўтарилади. Бу оқим иккинчи берк ўтказгичнинг контурини кесиб ўтади ва унда индукцион ток юзага келади. Биринчи ғалтакда ток узилганда магнит оқими нолгача камаяди. Иккинчи ғалтакда ҳам магнит оқими худди шундай камаяди, бунинг натижасида олдингига қарши йўналган индукцион ток ҳосил бўлади.

Шунга ўхшаш тажрибалар ёрдамида Фарадей электромагнитик индукция қонунини кашф қилди. Бу қонун шундай ифодаланади: *индукцион ток берк ўтказгичда фақат ўтказгич контури орқали ўтаётган магнит оқими ўзгарганидигина ҳосил бўлади ва оқим ўзгариб турган вақт давомидагина мавжуд бўлади.*

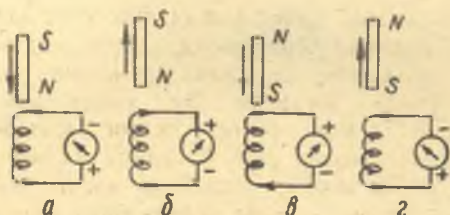
Индукцион ток фақат берк ўтказгичдагина бўлиши ва унинг кучи ўтказгичнинг қаршилигига қараб катта ёки кичик бўлиши мумкин.

Индукция э. ю. к. узук (берк бўлмаган) ўтказгичда ҳам юзага келади ва унинг қиймати ўтказгичнинг қаршилигига боғлиқ бўлмайди.

Шунинг учун электромагнитик индукция ҳодисасини ўрганишда индукция э. ю. к. катта аҳамиятга эгадир. Бу ҳолда қонунни шундай ифодалаш мумкин: *ўтказгич контуридан ўтаётган магнит оқимининг ҳар қандай ўзгаришида бу контурда индукция э. ю. к. вужудга келади.*

Индукцион токнинг йўналиши. Ленц қонуни

Магнитни берк ғалтакка яқинлаштириб ёки ундан узоқлаштириб, ғалтакда индукцион ток ҳосил қиламиз. Гальванометр ёрдамида токнинг йўналишини аниқлаш, сўнгра эса соат стрелкаси қондасига мувофиқ ғалтакнинг қутбларини аниқлаш мумкин. 89- расмда тажрибанинг турли вариантлари тасвирланган. Магнит қутбини ғалтакка яқинлаштирганда ғалтакнинг магнитга яқин учида шу қутб билан бир хил қутб ҳосил бўлади (89- *a* ва *b* расм); магнитнинг қутбини



89- расм.

ғалтакдан узоқлаштирганда эса ғалтакнинг қутбга яқин учида бошқа исмли (қарама-қарши) қутб ҳосил бўлади (89- *b* ва *z* расм). Шундай бўлиши токнинг магнит майдони магнитнинг ҳаракатига қаршилиқ қилишини кўрсатади.

Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунига мувофиқ, механик кучнинг магнит ҳаракатига кўрсатилаётган қаршилиқни енгишда бажарган иши ҳисобига электр токи энергияси ҳосил бўлади.

Бу тажрибаларни 1833—1834 йилларда рус олими Э. Х. Ленц ўтказди. Тажрибалар натижаларини умумлаштириб, у индукцион ток йўналишини аниқлаш қонунини топди. Бу қонун унинг шарафига Ленц қонуни деб аталиб, қуйидагича таърифланади: *индукцион токнинг йўналиши ҳамма вақт шундай бўладики, бу токнинг магнит майдони токнинг ўзини юзага келтирган магнит оқимининг ўзгаришига қарши таъсир қилади.*

90- расмда Ленц қонунини тасдиқловчи тажрибани намоён қиладиган асбоб кўрсатилган. Бири яхлит, иккинчисининг учлари туташмаган иккита алюминий ҳалқа вертикал ўқ

атрофида айлана оладиган стерженнинг икки учига ўрнатилган. Яхлит ҳалқага магнит яқинлаштирилганда ҳалқада индукцион ток ҳосил бўлади. Бу токнинг магнит майдони магнитнинг майдонига қарши таъсир қилади ва натижада система ҳаракатга келади.

Магнитни учлари туташмаган ҳалқага яқинлаштирилганда эса система ҳаракатланмайди.



90- расм.

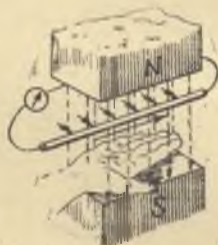
67-§.

Ўнг қўл қондаси.

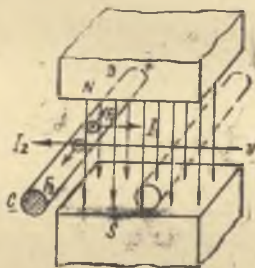
Индукция э, ю. к. нинг катталиги

Ўтказгичдаги индукцион токнинг йўналишини аниқлашга имкон берадиган қоида бор. Бу қоида ўнг қўл қондаси деб аталади.

Агар ўнг қўлимизни магнит майдонида магнит куч чизиқлари кафтимишга қирадиган қилиб, 90° га керилган бош бармоғимиз эса ўтказгичнинг ҳаракат йўналишини кўрсатадиган қилиб тутсак, у ҳолда ёзилган тўрт бармоғимиз индукцион токнинг йўналишини кўрсатади (91- расм).



91- расм.



92- расм.

Индукция э. ю. к. ва индукцион ток ўтказгич контурида магнит оқимининг ўзгариши туфайли ҳосил бўлишини биз биламиз. Агар ўзгармас магнит майдонида қўзғалмас металл ўтказгич бўлса, унда индукция э. ю. к. ҳосил бўлиши мумкин эмас, чунки бу ҳолда ўтказгич контурида магнит оқими ўзгармайди. Агар металлларда хаотик ҳаракат қиладиган эркин электронлар бор эканлиги назарга олинса, бу ҳодисанинг физик моҳиятини тушуниш қийин эмас. Ҳар бир эркин электронга магнит кучи таъсир қилади; бу кучнинг йўналиши ташқи магнит майдонининг индукцияси вектори йўналиши ва электроннинг ҳар бир пайтдаги тезлиги вектори йўналишига боғлиқ бўлади.

Электронлар хаотик ҳаракат қилганда магнит майдони электронларга турли-туман йўналишларда таъсир қилади, шунинг учун ўтказгичда зарядлар тақсимланиши рўй бермайди ва қўзғалмас ўтказгичда ҳеч қандай индукция э. ю. к. ҳосил бўла олмайди.

Магнит майдонида ўтказгич ҳаракатлангани туфайли индукция э. ю. к. ҳосил бўлади. Аслида нима бўлади? Берк бўлмаган CD ўтказгич бир жинсли магнит майдонида майдоннинг куч чизиқларига перпендикуляр йўналишда ўз ўзига параллел ҳолда v тезлик билан ҳаракатланаётган бўлсин (92-расм), деб фараз қилайлик. Металлнинг кристалл панжарасини ташкил қилувчи мусбат ионлар ҳам, эркин электронлар ҳам худди шундай тезлик билан магнит майдонига нисбатан ҳаракатга келади. Зарядли бу зарраларнинг ҳаракатини ток деб ҳисоблаш мумкин. Мусбат ионларнинг тезлик вектори йўналишидаги ҳаракати I_1 токнинг техник йўналишига мос келади. Магнит майдонининг ҳар бир мусбат ионга таъсир этувчи бегона кучининг йўналишини чап қўл қондасига мувофиқ аниқлаш мумкин. Бу ҳолда F_1 бегона куч ўтказгич бўйлаб D нуқтага қараб йўналган, бироқ бу куч ионни ўтказгич ичида ҳаракатга келтира олмайди, чунки ион кристалл панжара таркибига киради.

Электронларнинг v тезлик вектори йўналишидаги ҳаракати I_2 токка мос келади, бу токнинг йўналишини I_1 токка қарама-қарши деб олиш мумкин, чунки токнинг техник йўналиши ҳамма вақт унинг физик йўналишига тесқари бўлади. Магнит майдонининг ҳар бир эркин электронга таъсир қилувчи бегона кучининг йўналишини ҳам чап қўл қондаси билан аниқлаш мумкин. Бу ҳолда F_2 бегона куч ўтказгич бўйлаб C нуқтага қараб йўналган ва электронни ҳам шу йўналишда ҳаракатлантиради.

Шундай қилиб, магнит майдонининг бегона кучлари эркин электронларни ўтказгич бўйлаб тартибли ҳаракатга келтиради, бунинг натижасида ўтказгичнинг C учида электронлар ортиқча, D учида эса камчил бўлиб қолади, бунинг натижасида ўтказгич учларида потенциаллар фарқи ёки индукция э. ю. к. ҳосил бўлади.

Тажрибалардан шу нарса аниқланганки, ўтказгични бир жинсли магнит майдонида майдоннинг куч чизиқларига перпендикуляр йўналишда ҳаракатлантирилганда пайдо бўлган индукция э. ю. к. магнит индукциясининг B катталигига, ўтказгичнинг v тезлигига ва l узунлигига боғлиқ бўлади. Бу боғланиш қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$\mathcal{E}_i = Bvl.$$

Агар ўтказгични магнит майдонининг куч чизиқларига параллел йўналишда ҳаракатлантирсак, магнит майдонининг эркин электронларни ўтказгич бўйлаб бир хил йўналишда тартибли ҳаракатга келтирувчи бегона кучлари бўлмайди ва шунинг учун индукция э. ю. к. ҳам вужудга келмайди. Шундай эканлиги тажрибада тасдиқланган. Ўтказгич майдонининг куч чизиқлари билан α бурчак ҳосил қилиб ҳаракатланганда индукция э. ю. к. α бурчак синусига пропорционал бўлишини исбот этиш мумкин, шунинг учун

$$\mathcal{E}_i = Blv \sin \alpha.$$

$\mathcal{E}_i = Blv$ формулада v тезликни $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ билан алмаштирсак (бу ерда Δs —йўлнинг орттирмаси, Δt —вақтнинг ўзгариши), қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\mathcal{E}_i = \frac{Bl\Delta s}{\Delta t}.$$

Бунда $l\Delta s = \Delta S$ деб белгилаб (бу ерда ΔS — Δt вақт давомида ўтказгич босиб ўтган сиртнинг юзи), \mathcal{E}_i ни қуйидагича ёзамиз:

$$\mathcal{E}_i = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t},$$

бу ерда $\Delta\Phi$ —ўтказгичнинг ҳаракатланиш давомида босиб ўтган сиртдан ўтаётган магнит оқими.

Ленц қонунига кўра, индукция э. ю. к. бу э. ю. к. ни юзага келтирувчи магнит оқимининг ўзгаришига тескари таъсир қилади.

Индукция э. ю. к. нинг формуласини бу шартга мувофиқлаштириш учун формуланинг ўнг томонидаги ишорани тескарасига алмаштириш керак.

Нихоят, СИ системасида қуйидаги формулани ҳосил қиламиз:

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Ўтказгич кесимида вужудга келаётган индукция э. ю. к. нинг катталиги ўтказгич Δt вақт ичида босиб ўтган сирт орқали ўтаётган магнит оқимининг шу вақт оралиғи катталигига нисбатига пропорционалдир.

Магнит майдонида берк контурни ҳаракатлантирганимизда ҳам биз шунга ўхшаш формулани ҳосил қилган булар эдик:

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t},$$

бирок бу формуланинг ўнг томони контур чегаралаб турган юз орқали ўтаётган магнит оқимининг ўзгариш тезлигини билдиради. Бу ҳолда электромагнитик индукциянинг Фарадей қонуни ва Ленц қонунини бирлаштирувчи асосий қонуни қуйидагича ифодаланади: *берк контурдаги электромагнитик индукциянинг электр юритувчи кучи сон жиҳатидан ток оқайтган сирт орқали ўтаётган магнит оқимининг ўзгариш тезлигига тенг ва ишораси жиҳатидан унга қарама-қаршидир.*

Индукция э. ю. к. нинг ўлчов бирлигини қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}; [\mathcal{E}] = \frac{1\text{Вб}}{1\text{с}} = 1 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{с}} = 1\text{В}.$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Электромагнитик индукция ҳодисаси нимадан иборат?
2. Фарадей кашф этган электромагнитик индукция қонунининг моҳияти нимада?
3. Ленц қонунининг моҳияти нимада?
4. Ўнг қўл қондаси қандай ифодаланади ва қандай ҳолларда қўлланади?
5. Агар симдан қилинган ғалтак ичидаги магнит ҳаракатсиз бўлса, ғалтакка уланган гальванометр ток йўқ эканини кўрсатади. Нима учун шундай бўлади?
6. Иккита доиравий ўтказгич бир-бирига 93-расмда кўрсатилганидек перпендикуляр жойлашган. 2 ўтказгичда ток ўзгарганида 1 ўтказгичда индукцион ток пайдо бўлмаслигининг сабабини тушунтириб беринг.
7. Пўлат балка ва рельсларнинг ички тузилиши бир жинсли экани-

ни текшириш учун дефектоскоп деган асбоб ишлатилади. Дефектоскоп гальванометрга уланган галтақдан иборат. Галтақ балкага кийдирилади ва балкани магнитлаб, дефектоскоп балка бўйлаб силжитилади. Балканинг бир жинслилиги ўзгарган ҳар бир жойда гальванометрдан ток ўтади. Бу ҳодисанинг сабаби нимада?

8. Электр двигатели якори секин айланганда тармоқдан кўп энергия оладими ёки тез айлангандами? Нима учун?

9. Индукцияси 2Т бўлган магнит майдонида куч чизиқларига перпендикуляр ҳолда 8 м/с тезлик билан ҳаракатланаётган ўтказгичнинг узунлигини аниқланг. Индукция э. ю. к. 20 В га тенг.

Жавоб: 1,25 м.

10. Агар узунлиги 2 м бўлган ўтказгичнинг учларида 0,001 В индукция э. ю. к. пайдо бўлган бўлса, майдоннинг магнит индукциясини аниқланг. Ўтказгич майдоннинг магнит куч чизиқларига нисбатан 30° бурчак остида 5 м/с тезлик билан ҳаракатланапти.

Жавоб: 0,002 Т.

11. Поезд 54 км/соат тезлик билан ҳаракатланмоқда. Ер магнит майдонининг магнит индукцияси вертикал йўналишда 0,00005 Т га тенг. Вагоннинг узунлиги 1,6 м бўлган ўқи учларидаги потенциаллар фарқини аниқланг.

Жавоб: 0,0012 В.



93- расм.

12. Агар 1080 км/соат тезлик билан горизонтал учаётган самолёт қанотларининг узунлиги 10 м, Ер магнит майдонининг магнит индукцияси эса вертикал йўналишда 0,00005 Т га тенг бўлса, самолёт қанотлари учларидаги потенциаллар фарқи нимага тенг бўлади?

Жавоб: 0,15 В.

68- §.

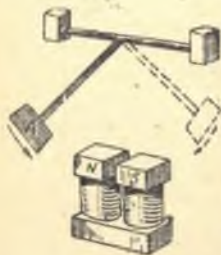
Уюрма тоқлар

Индукцион тоқлар симдагина эмас, балки ҳар қандай яхлит ўтказгичда ҳам пайдо бўлиши мумкин. Агар яхлит ўтказгич магнит майдонида ҳаракатланса, пайдо бўлаётган индукцион тоқлар ўтказгич моддасида қисқа туташган бўлади. Бу тоқлар уюрма тоқлар ёки бу тоқларни кашф қилган ва ўрганган француз олими номи билан Фуко тоқлари деб аталади.

Ленц қонунига мувофиқ уюрма тоқларнинг йўналиши шундайки, улар ҳосил қилган магнит майдони ўтказгичнинг ҳаракатига қарама-қарши таъсир кўрсатади.

Бир бўлак яхлит алюминий ёки мисдан қилинган маятник олайлик-да, уни кучли электромагнит қутблари орасида ҳаракатга келтирайлик (94-а расм). Электромагнитга ток берилмаганда маятник анчагина вақт давомида тебраниб ту-

ради. Электромагнит ғалтакларига ток уланганда маятник дарҳол тўхтаб қолади. Агар алюминий ёки мисдан қилинган маятникнинг кесиклари бўлса, у жуда заиф тормозланади (94-б расм). Яхлит маятникнинг кучли тормозланишига, Ленц қонунига мувофиқ, маятникдаги уярма тоқлар сабаб бўла-



94- расм.



95- расм.

ди. Унда кесиклар бўлиши уярма тоқларнинг анча камайишига сабаб бўлади ва шунинг учун бу ҳолда маятник суст тормозланади.

Уярма тоқларнинг тормозлаш таъсиридан гальванометрларнинг стрелкаларини тинчлантиригичлар ясашда фойдаланилади.

Электр энергиясининг индукцион сётчикларида енгил алюминий диск вертикал ўққа ўрнатилган бўлиб, электромагнит қутблари орасида айлана олади.

Электромагнит ғалтакларига берилган ўзгарувчан ток таъсирида дискда уярма тоқлар юзага келади. Электромагнитнинг ўзгарувчан магнит майдони билан уярма тоқлар майдонининг ўзаро таъсири натижасида диск ҳаракатга келади, чунки Ленц қонунига кўра, ҳар бир пайтда дискда электромагнитдаги токка тескари йўналган ток пайдо бўлади. Маълумки, бундай тоқлар бир-биридан итаришишади. Дискнинг текис тезланувчан ҳаракатланмай, фақат текис ҳаракатланиши учун диск магнит билан тормозлаб турилади. Бу мақсадда доимий тақасимон магнит олинади ва унинг қутблари орасига сётчикнинг алюминий диски жойлаштирилади. Доимий магнитнинг магнит майдони таъсирида дискда пайдо бўладиган уярма тоқлар, Ленц қонунига мувофиқ, дискнинг ҳаракатини тормозлайди (95- расм).

Магнит майдонида ҳаракатланувчи яхлит ўтказгичларда (моторларнинг якорларида) ёки ўзгарувчан магнит майдони-

да ҳаракатсиз турган яхлит ўтказгичларла (электромагнитларнинг ўзаклари) уюрма тоқлар туфайли кўп миқдорда иссиқлик чиқади ва бу ҳол энергиянинг кўп исроф бўлишига сабаб бўлади. Бундай исрофларга йўл қўймаслик учун динамомашиналар ва электр моторларининг якорлари, электромагнит ва трансформаторларнинг ўзаклари яхлит қилинмай, балки бир-биридан юпқа қоғоз, лак ёки шу металлнинг оксиди билан изоляция қилинган юпқа пластинкалардан йиғилади. Шу мақсадда таркибида 2 дан 4% гача кремний бўлган легирланган темир ишлатилади.

Кремний аралашмаси темирнинг магнит хоссаларини ўзгартирмайди, лекин унинг электр қаршилигини анча оширади, шунинг учун уюрма тоқларнинг катталиги ва уларнинг иссиқлик таъсири ҳам камаяди.

Уюрма тоқларнинг иссиқлик таъсирининг фойдаси ҳам бор, масалан, электрометаллургияда улар жуда қўл келади. Бунинг учун юқори сифатли қотишмалар олинадиган индукцион печлардан фойдаланилади. Бундай печларнинг чулғамларига ўзгарувчан ток берилади.

Машиналарнинг деталларини, кесувчи инструментларни тоблаш, турли материаллар ва буюмларни қуритиш учун ҳам индукцион ток билан қиздиришдан фойдаланилади. Бу ҳолларда юқори частотали ўзгарувчан ток ишлатилади.

69- §.

Ўзиндукция ҳодисаси

Электр занжирида ток кучининг ўзгаришида шу занжирнинг ўзида индукция электр юритувчи кучининг ҳосил бўлиши муҳим ҳолдир. Бу ҳодиса ўзиндукция деб аталади.

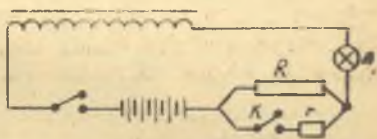
Ўзиндукцияни кузатиш учун 96- расмда кўрсатилгандек ванжир тузамиз. Аккумуляторлар батареясидан ($U = 6\text{ В}$) темир ўзакли катта ғалтак орқали кетма-кет уланган саккиз вольтли лампочкага ток ўтказамиз. Кучланиш унча катта бўлмагани ва ток ғалтак ва R қўшимча қаршилик орқали ўтаётгани учун лампочка хира ёнади. R катта қаршиликка параллел уланган r кичик қаршиликни қўшамиз. Бу пайтда занжирнинг қаршилиги кескин камаяди ва айни вақтда лампочка тамоман ўчиб қолади ва тезда аввалги ёнишидан ҳам равшанроқ ёна бошлайди. Агар Ом қонунига риоя қиладиган бўлса, занжирнинг қаршилиги сакраб (бирданига) камайганда лампочкага келаётган ток кучи ҳам сакраб ор-

тиши керак эди. Бироқ бизнинг тажрибамизда бошқача бўлди. Биринчи қарашда ғалати бўлиб кўринган бундай ҳодисанинг сабаби нимада? Ўтказгичда ток кучи ортганида айни вақтда ўтказгич контурини кесиб ўтаётган магнит оқими ҳам ортади. Бунинг натижасида занжирда Ленц қонунига мувофиқ тескари электр юритувчи куч ҳосил бўлади ва унинг таъсирида тескари ўзиндукция токи (ёки экстра-ток) ҳосил бўлади; бу ток генератордан келаётган бирламчи токнинг магнит оқимининг ўсишини тормозлайди.

Темир ўзақли катта ғалтак магнит оқимининг кўп ўзгаришига ёрдам берди, бунинг натижасида вужудга келган экстра-ток батареядан келаётган токни сезиларли даражада заифлаштирди, шунинг учун лампочка ўчиб қолди. Майдоннинг ўзгариши тамом бўлиб, майдон барқарорлашганда экстра-токнинг индукцияланиши ҳам тўхтади ва лампочка орқали асосий ток тўлиқ ўта бошлади.

Параллел уланган r қаршиликни узамиз (96-расм). Бу пайтда занжирнинг қаршилиги сакраб ортади ва айни шу онда лампочка равшан чақнайди ва сўнгра хиралашиб ёнади.

Қаршилик сакраб ортганда ток кучи ҳам сакраб камайиши керак эди ва бунда лампочканинг равшанлиги ҳам бирдан заифлашиши керак эди. Бироқ бу тажрибада ҳам бошқача бўлди.



96- расм.

Нима учун лампочка ярқ этиб чақнаб кетди? Занжирда ток кучи камайиши билан бир вақтда ўтказгич контури ичида магнит оқими ҳам камайди. Магнит оқимининг бу камайиши шу занжирнинг ўзида Ленц қонунига мувофиқ электр юритувчи куч ҳосил қилади, бу электр юритувчи куч таъсирида батареядан берилаётган ток йўналишида борувчи ўзиндукция токи пайдо бўлади, бу ток кучларининг йиғиндиси таъсирида лампочка ярқ этиб чақнайди. Магнит майдони барқарорлашганда ўзиндукция токининг индукцияланиши тўхтади ва энди лампочка батареядан келаётган озроқ ток кучи туфайлигина ёнади ва шунинг учун хира бўлади. Агар биз бутун занжирни туташтириб ёки узганимизда эди, у ҳолда кузатилаётган ҳодиса катта масштабда юз берган булар эди, чунки бунда ток кучи кенг чегараларда ўзгарар эди. Шунга ўхшаш тажрибаларни 1835 йилда Фарадей қилиб кўрди ва ўз тажрибалари асосида

бундай қонун топди: занжирни туташтирганда ўзиндукция токи бирламчи токка қарама-қарши йўналган; занжирни узганда ўзиндукция токи бирламчи ток билан бир хил йўналган.

Ўзиндукция ҳодисасини энергиянинг сақланиш ва айла-ниш қонунини асосида тўла изоҳлаб бериш мумкин. Нима учун таркибида электромагнит бўлган занжир туташтирилганда бирламчи ток бир оз кечикиб ошади? Бунга сабаб шуки, ток манбаи ўз энергиясининг анчагина қисмини электромагнитнинг магнит майдони энергиясини орттиришга сарф қилади. Занжир узилганда магнит оқими йўқолиши керак. Бироқ майдоннинг энергияси йўқолмайди, бу энергия электр токининг энергиясига айланади. Таркибида катта электромагнит бўлган занжирни узганда узилиш жойида учкун ҳосил бўлади, баъзан эса электр ёйи ҳосил бўлади. Агар узиш процесси жуда тез бажарилса, узиш экстратоклари жуда катта қийматларга етиши мумкин. Бу тоқлар электромагнит чулғамларидаги симлар изоляциясини шикастлантириши ва уланган асбобларни бузиб қўйиши мумкин. Бунга йўл қўймаслик учун занжирни узишдан аввал токни аста-секин кучсизлантириб бориш керак. Учқуннинг бўлмаслиги учун виключателлар яхши суюқ изоляторларга, масалан, мойга тушириб қўйилади. Ўзиндукция э. ю. к. ўзида ток кучи ўзгарадиган ўтказгични ўраб олган магнит кучи чизиқларининг сони ўзгариш тезлигига боғлиқ бўлади. Кичик Δt вақт ичида ток кучи ΔI га ўзгарган бўлсин, у ҳолда ўзиндукция э. ю. к. қуйидагига тенг бўлади:

$$\mathcal{E}_{\text{э. ю. к.}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

L катталик индуктивлик деб аталади. *Ўтказгичнинг (галтакнинг) индуктивлиги ундаги ток кучи 1 с ичида 1 А га ўзгарганда юзага келган э. ю. к. билан характерланади.* Индуктивлик бирлиги учун генри (Г) деб аталадиган катталик қабул қилинган. Агар $\Delta t = 1$ с $\Delta I = 1$ А, $\mathcal{E} = 1$ В бўлса, у ҳолда $L = 1$ Г бўлади.

Генри шундай ўтказгичнинг индуктивлигидирки, бу ўтказгичда ток кучи 1 с давомида 1 А ўзгарганда 1 В ўзиндукция э. ю. к. юзага келади.

Ўзиндукция ҳодисаси радиотехникада, радиопередатчиклар, радиоприёмниклар, телевизорлар ва бошқаларнинг тузилишида фойдали бўлиши мумкин.

Ўз-ўзини тек шириш учун саволлар

1. Уюрма тоқлар нима?
2. Уюрма тоқларнинг қандай зарари бор ва бундай зарар қандай йўллар билан бартараф қилинади?
3. Уюрма тоқларни қаерларда фойдали мақсадларда ишлатиш мумкин?
4. Электр энергияси счётчикларида алюминий диск шу дискнинг ҳаракатини тормозловчи доимий магнит қутблари орасида айланади. Нима учун дискнинг айланиш тезлиги ортганда тормозланиш кучаяди?
5. Ҳиндукция ҳодисаси нимадан иборат?
6. Ҳзгармас тоқ занжирини туташтирганда Ҳиндукция э. ю. к. нинг йўналиши қандай бўлади, занжир узилганда-чи?
7. Ҳиндукция э. ю. к. нинг катталиги нимага боғлиқ бўлади?
8. Ҳиндукция э. ю. к. қайси ҳолда катта бўлади—занжир туташтирилгандами ёки узилгандами? Нима учун?
9. Нима учун Ҳиндукция э. ю. к. ни ҳосил қилиш учун урамлари куп бўлган темир Ҳзакли ғалтак қўлланилади?
10. Ҳиндукциянинг зарарли таъсири нимадан иборат ва бундай зарарли таъсир қандай йўллар билан камайтирилади?
11. Ҳиндукция ҳодисаси қаерларда фойдали бўлади?
12. Ҳтказгичнинг индуктивлиги нима ва у қандай бирликлар билан ўлчанади?

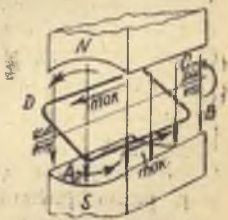
70- §.

Ҳрамнинг бир жинсли магнит майдонида айланиши.

Синусоидал Ҳзгарувчан тоқ ҳақида тушунча

Тўғри бурчакли рамка кўринишида Ҳтказгич оламит ва уни бир жинсли магнит майдониға жойлаштирамит. Рамкани соат стрелкаси ҳаракатига тескари йўналишда текис айлантирамит, у ҳолда AB ва CD Ҳтказгичларда индукцион тоқ ҳосил бўлади, бу тоқнинг йўналишини *ўнг қўл қондаси билан* аниқлаш мумкин (97- расм). AB Ҳтказгич энг чекка пастки вазиятидан энг юқориги вазиятиға келгунға қадар унда тоқ A дан B га қараб ўтади. CD Ҳтказгич энг чекка юқориги вазиятидан энг чекка пастки вазиятиға тушгунға қадар унда тоқ C дан D га қараб ўтади. Бу тоқлар бир-бирини кучайтиради ва берк рамкада айланма тоқ ҳосил бўлади.

Рамка 180° га бурилгандан кейин AB ва CD Ҳтказгичларнинг ҳаракат йўналишлари қарама-қарши томонға Ҳзгаради: AB пастга тушади, CD юқорига кўтарилади.



97- расм.

Бу ўтказгичлардаги тоқларнинг йўналишлари ҳам қарама-қарши томонга ўзгаради.

AB ва CD ўтказгичларнинг ҳар бирида пайдо бўлаётган индукция э. ю. к. ларининг оний қийматларини қуйидаги формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$\mathcal{E}_1 = Blv \sin \alpha.$$

Бутун рамканинг э. ю. к.

$$\mathcal{E}_i = 2Blv \sin \alpha$$

бўлади. Агар $\alpha = 0$ бўлса, $\sin \alpha = 0$ ва $\mathcal{E}_i = 0$ бўлиши бу формуладан кўриниб турибди.

Бундай ҳол рамканинг горизонтал вазиятига, яъни унинг контури текислиги майдоннинг куч чизиқларига перпендикуляр бўлиб, контур орқали магнит оқими энг кўп ўтган вазиятига тўғри келади.

Агар $\alpha = 90^\circ$ бўлса, у ҳолда $\sin \alpha = \sin 90^\circ = 1$ ва $\mathcal{E}_i = 2Blv$ бўлади, яъни \mathcal{E}_i катталиқ ўзининг абсолют қиймати жиҳатидан энг катта (максимал) бўлади. Бу ҳол рамканинг вертикал вазиятига, яъни рамка контурининг текислиги майдоннинг куч чизиқларига параллел бўлиб, контур орқали магнит оқими энг кам ўтаётган (магнит оқими нолга тенг) вазиятига тўғри келади. Э. ю. к. нинг энг катта қийматини $\mathcal{E}_{im} = 2Blv$ билан белгилаб, қуйидаги формулани ҳосил қиламиз:

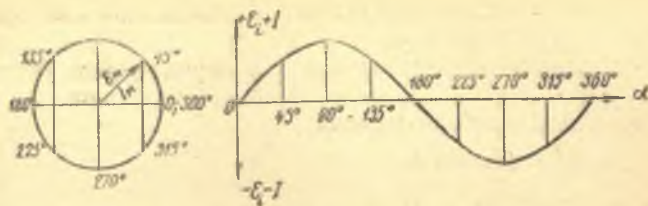
$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{im} \cdot \sin \alpha.$$

Бу формуладан кўринадики, *ўрам бир жинсли магнит майдонида текис айланганда ҳар бир пайтда индукция э. ю. к. айланиш бурчаги синусининг ўзгариш қонунига мувофиқ равишда ўзгаради.*

Ўрамда индукция э. ю. к. нинг бурилиш бурчагига боғлиқ ҳолда ўзгариш қонунини график равишда тасвирлаш мумкин.

Э. ю. к. учун масштаб танлаймиз ва бу масштабда \mathcal{E}_{im} ни айлананинг радиуси деб қабул қиламиз (98-расм). Айлана ни бир неча тенг бўлакка (масалан, саккизга) бўламиз, айлананинг бўлиниш нуқталаридан унинг горизонтал диаметрига перпендикулярлар туширамиз. Бунда бу перпендикулярларнинг узунлиги уларнинг йўналишини назарга олган ҳолда индукция э. ю. к. нинг айна шу бурчакка тўғри келадиган оний қийматини билдиради.

Айлананинг узунлиги $2\pi r = 2\pi \mathcal{E}_{im}$ га тенг эканлигини билган ҳолда уни ҳисоблаб топамиз ва тўғри чизиқ билан



98- расм.

Белгилаймиз, сўнгра эса бу тўғри чизиқни ҳам айланани нечта тенг бўлакка бўлган бўлсак, шунча тенг бўлакка бўламиз. Бўлиниш нуқталаридан индукция э. ю. к. нинг оний қийматларини тасвирловчи перпендикулярлар чиқарамиз ва бу перпендикулярларнинг учларини текис эгри чизиқ билан бирлаштирамиз. У ҳолда ўрамнинг бир марта айланишидаги, яъни айланиш даври (T) га тенг вақтдаги э. ю. к. нинг ўзгаришлари графигини ҳосил қиламиз. Бу график *синусоида* бўлади.

Бутун занжирга оид Ом қонунидан фойдаланиб, айти пайтда берк ўрамдан оқаётган индукцион токнинг кучини ҳисоблаб топиш мумкин:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon_{im} \sin \alpha}{R}.$$

Бу формулада ε_{im}/R катталиқ энг катта (максимал) ток кучига тенг. $\frac{\varepsilon_{im}}{R} = I_m$ деб белгилаб, қуйидаги формулани ёзиш мумкин:

$$I = I_m \sin \alpha.$$

Бу формуладан кўринадики, ўрам бир жинсли магнит майдонида текис айланганда ҳар бир пайтда индукцион токнинг кучи айланиш бурчаги синусининг ўзгариш қонунига мувофиқ ўзгарар экан. Ток кучи учун масштаб танлаб олиб ва бу масштабда I_m ни айлана радиуси деб қабул қилиб, индукцион ток кучи билан ўрамнинг айланиш бурчаги орасидаги боғланиш графигини, юқорида э. ю. к. учун қилганимиздек, яшаш мумкин.

Бу график ҳам *синусоида* бўлади.

Э. ю. к. ва индукцион ток кучининг графигидан индукция э. ю. к. ва индукцион ток катталиги жиҳатидан ҳам, йўналиши жиҳатидан ҳам ўзгариши кўришиб турибди; рамканинг

ҳар 180° га айланишида э. ю. к. нинг ишораси ва токнинг йўналиши қарама-қаршисига ўзгарар экан.

Қатталиги ва йўналиши жиҳатидан бурчак синусининг ўзариш қонунига мувофиқ даврий ўзгарадиган ўзгарувчан ток синусоидал ўзгарувчан ток деб аталади.

Бундай ток техникада кенг қўлланилади.

Юқоридики кўрилган $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{im} \sin \alpha$ ва $I = I_m \sin \alpha$ формулаларга бошқача кўриниш бериш ҳам мумкин.

Агар ω — рамка айланишининг бурчак тезлиги, t — унинг айланиш вақти, α — айланиш бурчаги бўлса, у ҳолда $\alpha = \omega t$ бўлади. Энди

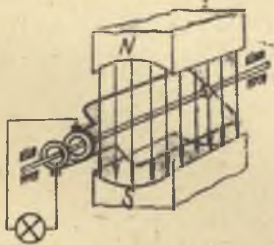
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

эканлигини билган ҳолда (бу ерда T — токнинг даври, f — частота) шундай ёзиш мумкин:

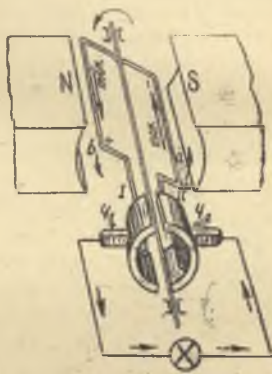
$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{im} \sin \omega t = \mathcal{E}_{im} \sin \frac{2\pi t}{T} = \mathcal{E}_{im} \sin 2\pi ft.$$

СССРда токнинг стандарт саноат частотаси учун 50 Гц частота олинган. Симли алоқада 500 дан 5000 Гц гача бўлган частоталар ҳам қўлланилади; электротермияда (жисмларни индукцион усулда қиздиришда) 50 дан 10^6 Гц гача бўлган частоталар; радиотехникада 10^6 дан 10^9 Гц гача бўлган частоталар ишлатилади.

99-расмда ўзгарувчан ток берадиган энг содда генераторнинг тузилиши курсатилган. Схемадан кўришиб турганидек, индуктор деб аталувчи магнит (ёки электромагнит) магнит майдони ҳосил қилади. Ток якорь деб аталувчи ўтказгичда вужудга келади. Ток ташқи занжирга ҳалқалар ва чўткалар орқали ўтади; чўткалар билан ҳалқалар орасида сирпанувчи контакт



99-расм.



100-расм.

бор, бу контакт чўткаларга уланган қўзғалмас симларнинг айланувчи якорга доимо тегиб турадиган бўлишини таъминлайди. Якорь симларининг учлари бир-биридан изоляцияланган ҳалқаларга уланган.

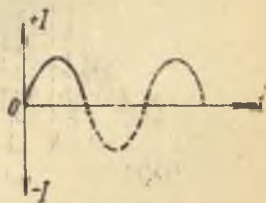
Саноат (электрохимия), транспорт (электр транспорти) ва алоқада ишлатиладиган ўзгармас ток ҳосил қилиш учун ўзгарувчан ток тўғриланади. Ўзгарувчан токни турли усуллар билан тўғрилаш мумкин. Булардан бири токни механик усулда тўғрилашдир.

Бу усул ишлатилганда ўзгарувчан ток пластинкалик коллектор қўллаш йўли билан генераторнинг ўзида тўғриланади.

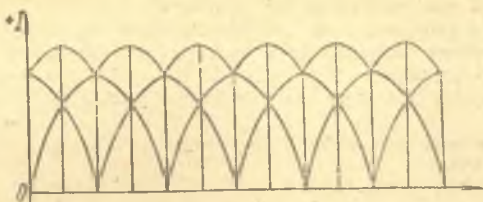
Энг содда коллектор бир-биридан изоляцияланган иккита металл ярим ҳалқадан тузилган бўлади. Якорь чулғамининг бир учи *I* ярим ҳалқага, иккинчи учи *II* ярим ҳалқага уланади (100-расм).

Якорь соат стрелкасига тескари айланганда рамканинг *b* ярмидан ток биринчи ярим ҳалқага чиқади (+), сўнгра биринчи φ_1 чўткага ўтади. Ташқи занжирдан ўтиб келгандан кейин бу ток иккинчи φ_2 чўткага қайтади (—) ва иккинчи ярим ҳалқа орқали рамканинг *a* ярмига ўтади.

Рамка 180° га айланганда рамканинг *b* ярми ўрнини *a* ярми эгаллайди ва бу ҳолда *a* да (+) ток ҳосил бўлиб, иккинчи ярим ҳалқага чиқади. Бироқ бу ярим ҳалқа энди биринчи чўткага тегиб турибди, яъни у рамка билан бирга 180° га айланган, бинобарин, ташқи занжирда ток яна биринчи чўткадан иккинчи чўткага ўтади. Кўриб турибмизки, рамка айланганда коллектор ҳам айланади, чўткалар эса ўз жойида қолади. Бунда ташқи занжирга йўналиши ўзгармайдиган ток келади. Бундай токнинг кучи ўзгариши графикдан аниқ кўриниб турибди (101-расм). Пульсланувчи ток ҳосил бўлади. Ток кучининг бундай катта ўзгаришларини бартараф қилиш учун якорь чулғамлари кўп галтаклардан (секциялардан) тузилади, улар бир-бирига маълум бурчак остида қия қилиб жойлаштирилади ва якорнинг ҳар бир ярмида бу секциялар ўзаро кетма-кет уланади. Бундай уланганда ташқи занжирда ток кучи нолгача пасайиб кетмайди. Секциялар сони кўп бўлганда токнинг ўзгаришлари ҳам унча кўп бўлмайди (102-расм). Одатда якорда 100 га яқин секция бўлади. Коллектор пластинкаларининг



101-расм.

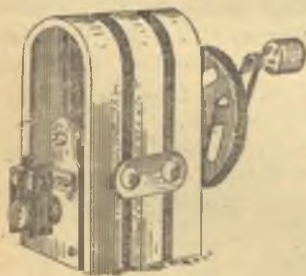


102- расм

сони секциялар сонига тенг бўлади. Коллекторнинг ҳар бир пластинкасига бир секциянинг охири ва бундан кейинги секциянинг учи уланади. Шундай қилиб, якорнинг ҳар бир ярмининг барча секциялари бир-бирига коллектор пластинкалари орқали кетма-кет уланган. Бироқ якорнинг ҳар бир ярми чўткаларга уланган, бинобарин, якорнинг иккала ярми бир-бирига чўткалар орқали параллел уланган.

Ўзгармас ток генератори динамомашина деб аталади. Динамомашинанинг тузилиши ўзгармас ток электр двигателининг тузилишидан ҳеч қандай фарқ қилмайди.

Агар электр двигатели бошқа двигатель билан, масалан, ички ёнув двигатели билан айлантирилса, у дарҳол ток манбаи бўлиб қолади, яъни электр двигатели айланувчанлик хусусиятига эгадир. Электр двигателининг айланувчан эканлигини Б. С. Якоби билан бирга рус физиги Э. Х. Ленц пайқаган ва кузатган. Э. Х. Ленц ўша вақтда Б. С. Якоби ихтиро қилган электр двигателини синаш комиссиясининг аъзоларида бири эди.



103- расм.

Индуктор сифатида доимий магнит хизмат қиладиган ток генераторлари магнитоэлектрик генераторлар деб аталади.

Кичик магнитоэлектрик генераторлар магнето деб аталади (103- расм).

Магнетолар ҳозирги вақтда ички ёнув двигателларида ёнувчи аралашмани ёндириб юбориш ва телефон аппаратларининг баъзи системаларида чақириш қўнғироқлари бериш мақсадида ишлатилади.

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Қандай ток ўзгарувчан ток дейилади?
2. Қандай ўзгарувчан ток синусоидал ток дейилади?
3. Ўзгарувчан синусоидал э. ю. к. ва ток кучининг графиклари қандай қилиб ясалади?
4. Энг содда ўзгарувчан ток генератори қандай қисмлардан тузилган?
5. Генераторда ўзгарувчан токни қандай қилиб ўзгармас токка айлантириш мумкин?
6. $\alpha = 30^\circ$ бўлганда индукция э. ю. к. 110 В га тенг эканлигини билган ҳолда максимал э. ю. к. ни аниқланг.

Жавоби: 220 В.

7. Максимал ток кучи 100 $\sqrt{2}$ А га, айти пайтдаги ток кучи 100 А га тенг эканлигини билган ҳолда урамнинг бир жинсли магнит майдонида бурилиш бурчагини аниқланг.

Жавоб: 45° .

71- §.

Ўзгарувчан токни трансформациялаш. Трансформатор

Техник қурилмалар ва рўзгор асбобларига электр энергияси беришдаги ток кучланиши одатда 250 В дан ошмайди, ҳолбуки, узоқ масофаларга электр энергияси узатиш линияларида ток кучланиши бир неча ўн минг ва ҳатто бир неча юз минг вольт билан ўлчанадиган даражада юксак бўлади.

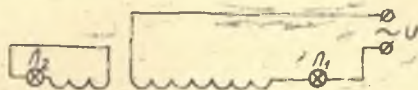
Кўпинча баъзи электр аппаратлари ва асбобларини ишлашида турли кучланишлардан фойдаланишга тўғри келади. Ҳатто айти бир электр аппаратининг ўзида токнинг турли кучланишлари керак бўлиб қолади. Масалан, радиоприёмникда лампани қиздириш учун бир неча вольтгина, унинг кучайтиргичининг ишлаши учун эса бир неча юз вольт кучланиш керак бўлади. Бунинг натижасида ўзгарувчан токни трансформациялаш зарурияти туғилади. Айти бир частотаниннг ўзида ўзгарувчан ток кучланишини ток кучи билан бир вақтда ўзгартириш ўзгарувчан токни трансформациялаш дейилади.

Ўзгарувчан токни трансформациялайдиган аппарат трансформатор дейилади.

Трансформаторнинг ишлаши электромагнитик индукция ҳодисасига асосланган.

127 В га мўлжалланган L_1 лампочка олиб, уни изоляцияланган симлардан қилинган ўрамлари сони кўп бўлган ғал-

так билан кетма-кет улаймиз ва шаҳардаги ўзгарувчан ток тармоғининг 120 В кучланишли занжирига улаймиз (104-расм). Сўнгра 8 В га мўлжалланган L_2 лампочкани изоляцияланган симдан қилинган бир нечагина ўрамлари бўлган ғалтак билан кетма-кет улаймиз. Агар кичик ғалтакни кат-

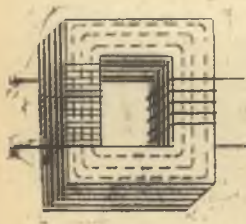


104- расм.

та ғалтакка яқинлаштирсак, L_2 лампочканинг ёнишини ва унинг толаси ғалтакларни бир-бирига яқинлаштирганимиз сари кучлироқ чўгланишини кўрамиз. Стержень кўринишида темир ўзак олиб, уни кичик ғалтак ичига кирита бошлаймиз, у ҳолда L_2 лампочканинг равшанлиги анча ортади, чунки бунда иккинчи ғалтак орқали ўтувчи магнит оқими ортади. Бу тажрибада юксак кучланишли (120 В) ўзгарувчан ток паст кучланишли (8 В гача) ўзгарувчан токка трансформацияланди (айланди).

П. Н. Яблочков кашф қилган ёй лампаси учун паст кучланишли ўзгарувчан ток керак эди, линияда эса катта кучланишли ўзгарувчан ток ўтар эди. Бу аҳвол 1876 йилда П. Н. Яблочковнинг трансформатор ихтиро қилишига сабаб бўлди. У яратган трансформатор стержень кўринишидаги темир ўзак ва изоляцияланган симдан қилинган икки ғалтакдан иборат бўлиб, ғалтаклар ўзакка кийдириб қўйилган эди.

1882 йилда И. Ф. Усагин берк ўзак қўллаб, трансформаторни мукамаллаштирди. Ҳозирги замон трансформатори берк пулат ўзак ва унга кийдирилган икки ғалтакдан иборат бўлиб, ғалтаклар бир-бири билан элекрик уланмаган. (105- расм).



105- расм.

Ўзак берк рамка шаклида бўлиб, махсус пулатнинг алоҳида пластинкаларидан йиғилади, пулатнинг бу нави қайта магнитланишда кам қизийди. Ўзакнинг ўта қизиб кетишига сабаб бўладиган уюрма тоқларга энергия сарф қилмаслик учун барча пластинкалар бир-биридан изоляцияланади. Ўзгарувчан ток занжирига уланадиган ғалтак бирламчи ғалтак деб,

Ғазида ток индукцияланадиган ғалтак эса иккиламчи ғалтак деб аталади.

Бирламчи ғалтакдан утаётган ўзгарувчан ток трансформаторнинг ўзагида ўзгарувчан магнит оқими ҳосил қилади, у оқим иккиламчи ғалтакда ўзгарувчан индукция э. ю. к. ни вужудга келтиради.

Агар бирламчи ғалтакни ўрамлари сони кам, иккиламчи ғалтакни ўрамлари сони кўп қилиб олсак, иккиламчи ғалтакда кучланиш юксалади. Бу трансформатор юксалтирувчи трансформатор бўлади.

Агар бирламчи ғалтакни ўрамлари сони кўп, иккиламчи ғалтакни ўрамлари сони кам қилиб олсак, иккиламчи ғалтакда кучланиш пасаяди. Бу трансформатор пасайтирувчи трансформатор бўлади.

Трансформаторнинг иккала ғалтагини айна бир магнит оқими кесиб ўтади, шунинг учун ўрамнинг қайси ғалтакка тегишли бўлишига қарамай, ҳар бир ўрамда бирдай э. ю. к., вужудга келади.

Шундай қилиб, ғалтакларда вужудга келадиган э. ю. к. ларнинг нисбати ғалтаклардаги ўрамлар сони нисбатига тенг бўлади. Агар w_1 —бирламчи ғалтакдаги ўрамлар сони, w_2 —иккиламчи ғалтакдаги ўрамлар сони, \mathcal{E}_1 —бирламчи ғалтакдаги э. ю. к., \mathcal{E}_2 —иккиламчи ғалтакдаги э. ю. к. бўлса,

$$\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

деб ёзиш мумкин.

Бирламчи ғалтакдаги U_1 кучланиш унда вужудга келадиган \mathcal{E}_1 э. ю. к. дан бир оз катта бўлади, бироқ ғалтакнинг қаршилиги жуда кам бўлгани учун U_1 кучланишни э. ю. к. га тахминан тенг деб олиш мумкин.

Иккиламчи ғалтакнинг ташқи занжирга берадиган U_2 кучланиш унда вужудга келадиган \mathcal{E}_2 э. ю. к. дан бир оз кичик бўлади, ғалтакнинг қаршилиги кам бўлгани учун уни тахминан э. ю. к. га тенг деб олиш мумкин. Шундай қилиб, қуйидаги муносабатни ёзиш мумкин:

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{w_1}{w_2}$$

Трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларининг учларидаги кучланишлар нисбати чулғамлардаги ўрамлар сонининг нисбатига тахминан тенг.

Бирламчи ғалтак ўрамлари сонининг иккиламчи ғалтак

Ўрамлари сонига нисбати трансформация коэффициентлари (k) деб аталади:

$$k = \frac{\omega_1}{\omega_2}.$$

Қувватли трансформаторларнинг ф. и. к. 99% га етади, шунинг учун бирламчи ғалтакдаги токнинг қуввати иккиламчи ғалтакдаги токнинг қувватига тахминан тенг деб олиш мумкин, яъни

$$I_1 U_1 = I_2 U_2,$$

бундан

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{U_2}{U_1},$$

бирок

$$\frac{U_2}{U_1} \approx \frac{\omega_2}{\omega_1},$$

шунинг учун

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{\omega_2}{\omega_1}.$$

Трансформатор нагрузкада ишлаганида унинг бирламчи ва иккиламчи ғалтакларидаги тоқларнинг кучи тахминан ғалтаклардаги ўрамлар сонига тескари пропорционалдир.

38-масала. Юксалтирувчи трансформаторнинг бирламчи чулғамида 80 ўрам, иккиламчи чулғамида 1280 ўрам бор. Бирламчи чулғам учларидаги кучланиш 120 В, иккиламчи чулғамдаги ток кучи эса 0,25 А га тенг. Трансформаторнинг фойдали қувватини топинг.

Б е р и л г а н:

$$\omega_1 = 80 \text{ ўрам}; \quad \omega_2 = 1280 \text{ ўрам}; \quad U_1 = 120 \text{ В}; \quad I_2 = 0,25 \text{ А}.$$

$$P_{\Phi} = ?$$

Е ч и л и ш и

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) иккиламчи чулғам учларидаги кучланиш

$$U_2 = \frac{U_1 \omega_2}{\omega_1};$$

б) трансформаторнинг фойдали қуввати

$$P_{\Phi} = I_2 U_2 = \frac{I_2 U_1 \omega_2}{\omega_1}.$$

2. Қувватни ҳисоблаймиз:

$$P_{\Phi} = \frac{0,25 \text{ А} \cdot 120 \text{ В} \cdot 1280 \text{ ўрам}}{80 \text{ ўрам}} = 30 \text{ Вт} \cdot 16 = 480 \text{ Вт}.$$

39-масала. Радиоэшиттиришлар узатиш учун кучламиниши 480 В для 30 В га пасайтирувчи трансформатор ишлатилади. Агар трансформаторга ҳар бири 0,008 А ток истеъмол қиладиган 100 та репродуктор (радио карнай) уланган бўлиб, унинг фойдали иш коэффициенти 96% бўлса, унинг қуввати қанчага тенг бўлади?

Берилган: $U_2 = 30 \text{ В}; I_2 = 0,008 \text{ А}; n = 100; \eta = 96\% = 0,96.$

P_c — ?

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) трансформаторнинг фойдали қуввати

$$P_{\Phi} = I_2 U_2 n;$$

б) трансформаторнинг сарфланган қуввати

$$P_c = \frac{P_{\Phi}}{\eta} = \frac{I_2 U_2 n}{\eta}.$$

2. Қувватни ҳисоблаймиз:

$$P_c = \frac{0,008 \text{ А} \cdot 30 \text{ В} \cdot 100}{0,96} = \frac{3 \cdot 8 \cdot 100 \text{ Вт}}{96} = \frac{100 \text{ Вт}}{4} = 25 \text{ Вт}.$$

Ўз-ўзини текшириш машқлари

- Ўзгарувчан токни трансформациялаш деб нимага айтилади?
- Трансформатор нима ва у қандай тузилган?
- Нима учун трансформаторларнинг ўзаги ёғоч ёки мисдан эмас, балки пулатдан ясалади?
- Трансформаторнинг ўзаги нима учун яхлит килинмайди?
- Трансформатор ўзақларининг кремнийли пулатдан ясалишининг сабаби нимада?
- Нима учун трансформатор ўзагининг пластинкалари ёмон маҳкамланган бўлса, у ишлаётганда ғувиллайди?
- Нима учун трансформатор ўзгармас токда ишламайди?
- Трансформация коэффициенти деб нимага айтилади?
- Қандай ҳолда трансформатор юксалтирувчи ва қандай ҳолда пасайтирувчи трансформатор бўлади?

10. $\frac{U_1}{U_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ эканлигини қандай исбот қилиш мумкин?

11. $\frac{I_1}{I_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$ эканлигини қандай исбот қилиш мумкин?

12. 220 В ли тармоққа уланган қўнғироқ трансформатори кучламиниши 2 В га келтириб бераётган бўлса, унинг трансформация коэффициенти нимага тенг бўлади?

Жавоб: 110.

13. Электр ёйи 40 В кучланишда ёниши керак, тармоқдаги кучламиниши эса 220 В. Агар трансформаторнинг тармоққа уланган бирламчи чулғаида 385 ўрам бўлса, иккиламчи чулғаида неча ўрам бўлиши керак?

Жавоб: 70 ўрам.

14. Юксалтирувчи трансформаторнинг бирламчи чулғаида 80 урам, иккиламчи чулғаида эса 2000 урам бор. Агар трансформатор 110 В кучланишли тармоққа уланса, унинг иккиламчи чулғаи клеммаларида қандай кучланиш олиш мумкин?

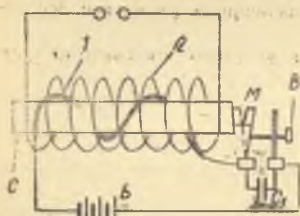
Жавоби: 2750 В.

72- §.

Индукцион ғалтак

Паст кучланишли ўзгармас ток манбаидан юксак кучланишли ўзгарувчан ток олиш учун индукцион ғалтакдан фойдаланилади.

Индукцион ғалтак кўринишдан узук ўзакли трансформаторга ўхшайди, бироқ одатдаги трансформатордан унинг бирламчи ғалтагидан ўзгарувчан ток эмас, балки пульсланувчи ўзгармас ток ўтиши билан фарқ қилади (106- расм).



106- расм.

Индукцион ғалтак *C* темир ўзак ва икки чулғамдан иборат. Бирламчи *1* чулғам изоляцияланган йўгон симдан кам ўрамли қилиб, иккиламчи *2* чулғам эса яхши изоляцияланган ингичка симдан кўп ўрамли қилиб ясалган бўлади. Бирламчи чулғамнинг занжирига паст кучланишли ўзгармас ток манбаи (*B*) уланади. Бирламчи чулғамнинг занжири

улаб ва узиб биз ўзгарувчан магнит майдони ҳосил қиламиз.

Ўзгарувчан магнит оқими иккиламчи чулғамда ўзгарувчан э. ю. к. ҳосил қилади.

Бирламчи чулғамдаги ток ўзгарувчан синусоидал ток бўлмай, балки пульсланувчи ўзгармас ток бўлгани учун иккиламчи ғалтакда ўзгарувчан носинусоидал ток пайдо бўлади.

Иккиламчи ғалтакда ўрамлар сони қанча кўп бўлса ва ток қанчалик тез улаб-узилса, чулғамда шунча катта э. ю. к. вужудга келади.

Токни автоматик равишда тез-тез узиб туриш учун электр қўнғироғидаги узгич сингари ишлайдиган болғачали узгич қўлланилади.

Бирламчи ғалтакка ток берилганда темир ўзак магнитланиб қолиб, ўзига *M* болғачани тортади. Болғача тортил-

ганда унинг *B* винтга аввалги тегиб турган жойида занжир узилади ва ток тўхтайтиди, шунинг учун узак магнитсизланади: Болғача дастасининг эластиклиги уни дастлабки вазиятига қайтаради ва бунда бирламчи ғалтак занжири туташади, яъни унга ток берилади. Сўнгра бутун процесс қайтадан такрорланади. Электромагнитнинг ўзиндукцияси туфайли узилиш вақтида винт билан болғача орасида учқун ҳосил бўлади. Учқун чиқмаслиги учун C_1 конденсатор уланади. Бензин билан ишлайдиган двигателларнинг электр ускунасида ёнувчи аралашмани двигатель цилиндрида ўт олдириш учун кичик индукцион ғалтаклар ишлатилади.

1 млн. В га етадиган э. ю. к. берадиган катта индукцион ғалтаклар илмий лабораторияларда ишлатилади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Индукцион ғалтак қандай тuzилган?
2. Индукцион ғалтак қандай ҳодисага асосланиб ишлайди?
3. Индукцион ғалтак қаерларда ишлатилади?
4. Индукцион ғалтакнинг иккиламчи ғалтагида қайси вақтда катта э. ю. к. индукцияланади: бирламчи ғалтак занжирини узгандами ёки уни улагандами? Нима учун?
5. Нима учун болғачали узгичга паралел қилиб конденсатор уланади?

73- §.

Электр энергиясини узоқ масофаларга узатиш

Электр токининг симлар бўйлаб узоқ масофаларга бориши мумкин экани XIX аср бошидаёқ маълум эди. Масалан, рус ихтирочиси П. Л. Шиллинг 1812 йилда миналарни электр токи ёрдамида олисдан туриб портлатган эди, ток миналарга бир неча юз метр келадиган симлар орқали борар эди. Шиллинг биринчи бўлиб 1832 йилда электромагниттик телеграф ихтиро қилди ва Петербургда Қишки сарой билан Алоқа йўллари министрлиги ўртасида телеграф линиясини қурди.

Бу ҳолларда электр энергиясини узатишнинг ҳеч қандай қийинлиги йўқ эди, чунки узатиладиган қувватнинг ўзи кичкина эди.

Катта қувватли электр энергиясини то XIX асрнинг иккинчи ярмига қадар ҳеч ким узоққа узатишга муваффақ бўлмаган.

1874 йилга келиб рус ҳарбий инженери Ф. А. Пироцкий биринчи бўлиб 6 кВт қувватли Петербург яқинидаги Волков майдонида бир километр гача масофага узатди. Ф. А. Пироцкий эришган ютуқлар рус олими Д. А. Лачиновни қизиқтириб қолади. Д. А. Лачинов жаҳонда биринчи бўлиб электр энергиясини узоқ масофаларга узатишни назарий жиҳатдан асослаб берди. «Электричество» номли рус журналинда босил-

гап асарида Д. А. Лачинов электр энергиясини симлар орқали узатишда токнинг кучланиши ошуви билан энергия исрофи камайишини исбот қилиб берди.

Юз ва минглаб киловатт қувватли электр энергиясини узатиш учун бир неча юз минг вольтга тенг бўлган юксак кучланиш керак булар в.и, ҳолбуки, бундай улкан кучланишни бундай кучланиш берадиган динамомашиналар қуриш йўли билан олиш мумкин эмас.

Бу мақсадда ўзгармас токдан фойдаланиш масаласи эса яна ҳам мураккаб, ўша вақтда ҳал қилиб бўлмайдиган масала эди.

Рус олимлари П. Н. Яблочков, В. Н. Чиколев, Ф. А. Пироцкий ва бошқалар ўзгарувчан токдан фойдаланишни бу муаммони ҳал қилиш тарови деб билиб, ўзгарувчан токни кенг электрлаштиришга асос қилиб олишни тарғиб қила бошладилар. Бу вақтга келиб Москва университетининг лаборанти И. Ф. Усагин трансформаторни мукамаллаштирди (1882 йил), трансформатор ёрдамида ўзгарувчан ток кучланишини кенг чегараларда ўзгартириш мумкин бўлди.

Электр энергиясини қуйидагича узатиш назарда тутилган эди: ўзгарувчан ток генераторидан келаётган ток юксалтирувчи трансформаторга янаради, сўнгра жуда катта кучланиш остида узатиш линияси бўйлаб кетади. Линиянинг иккинчи учида ток пасайтирувчи трансформаторга келади, сўнгра истеъмолчиларга кетади.

Ҳозирги вақтда электр энергияси худди шу тарзда узатилади, бироқ ўша вақтларда қўйилган мақсадни амалга ошириш учун яна бир қийин масалани ҳал қилиш керак эди. Гап шундаки, ўзгарувчан токни саноатда ишлатиш учун ўзгарувчан ток билан ишлайдиган двигателлар керак эди.

У вақтдаги мавжуд двигателларнинг қатор нуқсонлари бор эди.

Уларнинг асосий нуқсонларидан бири шунда эдики, ўзгарувчан токка уланганларида электр моторлари ўзлари ҳаракатга келмас, уларни маълум тезликка эришгунча айлантиришга тўғри келар эди, ҳар бир мотор ўзидаги жуфт қутблар сонига ва ўзгарувчан токнинг частотасига боғлиқ бўлган айни бир тезлик билан ишлай олар эди. Электр двигателларнинг бундай муҳим нуқсонлари бўлгани учун ўзгарувчан токни узок масофаларга узатиш мақсадга мувофиқ эмас эди.

Жаҳон электротехниклари олдида ўзгарувчан токнинг мукамалроқ электр двигателини яратишдек мураккаб вазифа турар эди. Бу масалани биринчи бўлиб талантли рус ихтирочиси, революцион қарашлари билан танилган олим М. О. Доливо-Добровольский ажойиб ҳал қилиб берди.

1889 йилда у ўзгарувчан ток электр двигателининг янги турини (уч фазали ток мотори) яратди, сўнгра эса уч фазали токнинг генератори ва трансформаторини яратди.

Бир-бирига нисбатан фаза жиҳатидан 120° га силжиغان учта ўзгарувчан токнинг системаси уч фазали ток дейилади.

М. О. Доливо-Добровольский ўзгарувчан токнинг айланувчи магнит майдони ҳосил қилишини назарий ва амалий исботлаб берди ва бунга асосланиб туриб ўзгарувчан токнинг анчагина мукамал моторини яратди. Бу мотор «асинхрон» мотор деб аталиб, кучи катта ток ишлатиладиган саноатнинг турли соҳаларида кенг қўлланила бошланди.

1891 йилда М. О. Доливо-Добровольский электр энергиясини 300 кВт қувватли уч фазали ток билан 175 км масофага узатди, бунда уч фазали ток трансформаторини қўллади шу билан бирга, бунда қувват исрофи 25% дан ошмаган эди.

Рус электрчилари улкан ғалабани қўлга киритдилар. 1902 йилда Россияда, М. О. Доливо-Добровольскийнинг она ватанида ўзгарувчан токнинг юзлаб километрларга чўзилган юксак вольтли электр узатиш линиялари пайдо бўлди. Россияда биринчи электр станциялари ва юксак вольтли электр узатиш линиялари қурувчиси рус инженери Р. Э. Классон эди (1868—1926).

Тараққий қилиб бораётган саноат ихтирочилар олдига электр энергиясини жуда узоқ масофаларга, бир неча минг километрларга узатиш масаласини кўндаланг қилиб қўйди.

М. О. Доливо-Добровольскийнинг 1919 йилда олиб борган назарий тадқиқотлари ўзгарувчан ток узатиш линияларининг узунлиги чексиз ўсиб бориши мумкин эмаслигини кўрсатди, чунки ўзгарувчан ток машиналари линиянинг турли учларида жуда уйғун равишда ишлаши керак, ҳолбуки, линиянинг узунлиги ортиб борган сари бундай уйғунликка эришиш қийинлашади.

Совет мутахассислари ўзгарувчан токни 400 000 В кучланиш остида 1200 км дан ортиқ масофага (масалан, Волгоград ГЭСидан Москва шаҳрига) узатиш линияси қурдилар. 1919 йилда М. О. Доливо-Добровольский электр энергиясини ишлаб чиқариш ва истеъмол қилиш жойидагина ўзгарувчан токдан фойдаланиш маъқул ва жуда узоқ масофаларга узатиш линияларида эса юксак кучланишли ўзгармас токдан фойдаланиш керак, деган фикрни билдирди...

Академик А. А. Чернишевнинг келгусидаги тадқиқотлари шунини кўрсатдики, изоляция бир хил бўлганда ўзгармас ток кучланишини ўзгарувчан токка нисбатан икки баравар ошириш мумкин, ўзгармас ток узатиш линияларига сым анча кам керак бўлади, бу линиялар икки марта арзонга тушади ва етарлича барқарор ишлайди.

Бироқ электр энергиясини юксак кучланишли ўзгармас электр токни сифатида узатиш масаласини ҳал қилиш жуда оғир ишдир. Жуда узоқ масофага электр энергиясини юксак кучланишли ўзгармас ток воситасида узатиш қўйидагича тасаввур қилинади. Электр энергияси одатдаги ўзгарувчан ток генераторларида ишлаб чиқарилади. Токнинг кучланиши трансформатор билан 400 000—600 000 В гача кучайтирилади. Сўнгра тўғрилагичларда ток тўғриланади ва сымлар бўйлаб минглаб километрларга узатилади. Линиянинг иккинчи учида ўзгармас ток инвенторлар деб аталган махсус асбоблар ёрдамида ўзгарувчан токка айлантирилади. Ниҳоят, ток истеъмолчилар учун керакли кучланишгача пасайтириб берувчи трансформаторга келади. Тўғрилагич ва инвенторлар тузилишини ишлаб чиқиш жуда қийин бўлди, чунки узатиладиган қувватлар жуда улкан—бир неча миллион киловатт.

Электр энергиясини юксак кучланишли ўзгармас ток билан узатадиган биринчи тажриба линияси Волгоград билан Донбасс ўртасида 1963 йилда қурилди. Энергетика базаси яратиш масалаларига Совет давлати ўзининг биринчи қўнларидан бошлабоқ катта аҳамият бериб келади. Бундай катта эътибор Россияни электрлаштиришнинг Давлат планида—В. И. Ленин партиянинг иккинчи программаси деб атаган ГОЭЛРО планида ўз ифодасини топди. ГОЭЛРО плани аслида мамлакат халқ хўжалигини электрлаштириш асосида ривожлантиришни илмий равишда асослаган биринчи перспектив план эди.

Бу планга мувофиқ, 10—15 йил ичида умумий қуввати 1,5 млн. кВт бўлган 30 та район электр станциялари қуриш кўзда тутилган эди.

1932 йилга келибоқ ГОЭЛРО плани деярли 2 марта ошириб бажарилди.

Илмий-техника революцияси барқ уриб ривожлаётган бутунги жунда мамлакатни ёппасига электрлаштириш ҳақидаги В. И. Ленин ғояларининг ҳаётбахш кучи ўзининг бутун салобати билан намоён бўлмоқда. Электр энергиясини сансаатда қўллаш жуда юқори температуралар, ўта катта босимлар, юқори вакуум олишга ёрдам беради, буларсиз индустриянинг энг муҳим соҳаларидаги техник тараққиётни белгиловчи янги материаллар яратиш мумкин эмас. Индустриянинг бу соҳалари денгиз туби, ер остида, ер юзи ва космосда ишлатиладиган машина, механизм ва асбоблар яратишга имкон беради. Улуғ Ватан уруши бошланиши олдидан мамлакатимиз йилга 48 млрд. киловатт-соат электр энергияси ишлаб чиқарар эди, ҳозир эса ҳар йилги ўсишнинг ўзи 50 млрд. киловатт-соатдан ошади. 1970 йилда ишлаб чиқарилган электр энергиясининг умумий миқдори 740 млрд. киловатт-соатга етди, тўққизинчи беш йилликнинг охирига бориб эса 1030—1070 млрд. киловатт-соат электр энергияси ишлаб чиқариш планлаштирилган.

Агар электр станциялари юксак вольтли умумий бир тармоқ билан бирлаштирилса, улар самаралироқ ишлайди. Шундай қилганда бир электр станциясида авария бўлганда унинг нарузкаси қолганлари ўртасида текис тақсимланади ва станция билан боғланган истеъмолчилар электр энергиясини олиб тураверади.

Ҳозирнинг ўзидаёқ бир-бирига қўшилган электр станцияларининг бутун-бутун областлари бор: Москва области, Ленинград области, Донбасс ва бошқалар; Шимоли-Ғарб ва Ғарб, Закавказье, Қозоғистон ва Ўрта Осиё районларининг электр станциялари ҳам бир-бирига қўшиб чиқилмоқда.

Партияимизнинг XXIII ва XXIV съезлари орасида ўтган давр ичида мамлакатимизнинг Европа қисмидаги ва Уралдаги энергетик системалар ягона энергетик система қилиб бирлаштирилди, бу система умумий қуввати 105 млн. киловатт бўлган 600 дан ортиқ электр станциясини ўз ичига олади. Ягона энергетика системаси яратиш борасидаги ишлар янги беш йилликда давом эттирилади.

Турли хил электр станциялари қуриш билан бир вақтда кейинги йилларда энергия блокларининг қуввати ҳам ортиб борапти. 300 минг кВт қувватга мўжалланган энергия блоклари мамлакатимиздаги ўнлаб электр станцияларида ўрнатилган, 500 минг кВт қувватга мўжаллангани Назаровск ГРЭС ида, 800 минг кВт қувватга мўжаллангани эса Славянск ГРЭС ида ўрнатилган. 1,2 млн. кВт қувватли энергия блоқи яратиш борасида иш олиб борилмоқда—бундай қувватли энергия блоқи ҳали жаҳоннинг ҳеч бир мамлақатида қурилган эмас.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

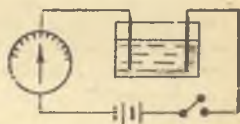
1. Электр энергияси ўзгарувчан ток ёрдамида узоқ масофаларга қандай қилиб узатилади?
2. Электр энергияси узоқ масофаларга ўзгармас ток воситасида қандай қилиб узатилади?
3. Электр станцияларини бирга қўшиш нима ва унинг қандай ижобий томонлари бор?

ЭЛЕКТРОЛИТЛАРДА ЭЛЕКТР ТОҚИ

74- §.

Электролиз ҳақида тушунча

Элементлар батареяси, гальванометр, калит ва ичига кўмир электродлар ботирилган химиявий жиҳатдан тоза сувли идишдан иборат занжир тузамиз (107-расм). Занжир туташтирилганда гальванометрда ток сезилмайди, бинобарин, химиявий жиҳатдан тоза сув ток ўтказмайди. Идишга бир неча томчи бирор кислота, масалан хлорид кислотаси томизамиз, бунда гальванометрга қараб занжирда ток пайдо бўлганини сезамиз, бинобарин, кислотанинг сувдаги кучсиз эритмаси ток ўтказар экан. Бу билан бир вақтда биз кўмир электродларда газ ажралиб чиқаётганини кўраемиз; суюқликдан ток ўтиб турар экан, эритмаларнинг химиявий парчаланишидан ҳосил бўладиган бирор маҳсулот ажралиб чиқиб туради. Бундай ҳодиса электролиз ҳодисаси деб, ток ўтказаетган суюқлик эса электролит деб аталади.



107- расм.

Кислота, туз ва ишқорларнинг сувдаги эритмалари ток ўтказиши шундай тажрибалар асосида аниқланган. Бошқа моддаларнинг, масалан, қанднинг эритмаси ток ўтказмайди.

75- §.

Электролитик диссоциация

Агар сувга бирор эрувчан туз, ишқор ёки кислота қўшилса, бу моддалар парчаланиб молекулаларга ажралади. Аррениус назариясига мувофиқ, эриган модданинг бирор миқдор молекулалари ўзининг таркибий қисмларига ажралади. Аррениус ўз назариясининг тўғрилигини 1888 йилда бир қатор тажрибаларда тасдиқлаган. Молекулаларнинг парчаланишида ҳосил бўлган атомлар ёки атом группалари электр зарядлари билан зарядланган бўлади; буларни Фарадей ионлар деб аташни таклиф этган («ион» — гречка сўз бўлиб, «юрувчи», «ҳаракатланувчи» деган маънони беради).

Модда эриганда молекулаларнинг ионларга ажралиш процесси электролитик диссоциация дейилади («диссоциация» — латинча сўз бўлиб, «ажралиш» деган маънони билдиради). Ионлар одатдаги атомлардан физика-химиявий хоссалари билан фарқ қилади. Масалан, сувда ош тузи NaCl эритилса, унинг молекулалари мусбат зарядланган натрий ионлари Na^+ ва худди шундай миқдордаги электр билан манфий зарядланган хлор ионлари (Cl^-) га ажралади. Натрий ионлари сувда тураверади, бироқ натрий атомлари ОН гидроксил группасига химиявий жиҳатдан яқин бўлгани учун сувда яшай олмайди. Одатдаги хлорнинг ҳиди бўлгани ҳолда, хлор ионининг ҳиди бўлмайди.

Суюқлик молекулаларининг узлуксиз ҳаракатда бўлиши бизга маълум. Худди шунингдек, ионлар ҳам тўхтовсиз тартибсиз ҳаракатда бўлади. Агар турли исмли заряд билан зарядланган ионлар бир-бирига улар орасида узаро тортиш кучи таъсир қиладиган даражада яқинлашса, у ҳолда улар бу кучлар таъсирида бирлашиб эриган модданинг молекуласини ҳосил қилиши мумкин. *Нейтрал молекулалар ҳосил бўлиши процесси молизация деб аталади.*

Заиф эритмаларда диссоциация ҳодисаси молизация ҳодисасидан кучлироқ бўлади, шунинг учун бундай эритмаларда эркин ионлар бўлади. Агар эритмага электродлар ботирилиб, уларга потенциаллар фарқи берилса, ионлар тартибли ҳаракатга келади. Мусбат зарядланган ионлар (катионлар) манфий электродга (катодга), манфий зарядланган ионлар (анионлар) мусбат электродга (анодга) қараб ҳаракатланади. Шундай қилиб, *электролитларда ток ионларнинг тартибланган ҳаракатидан иборат бўлади.*

76- §.

Фарадейнинг биринчи қонуни

1833 йилда инглиз физиги Фарадей тажрибалар асосида электролизнинг иккита қонунини кашф қилди. Булар Фарадей қонунлари деб аталади. Биринчи қонун бундай ифодаланаяди: *электролизда электродда ажраладиган модда массаси электролит орқали ўтган электр миқдорига тўғри пропорционал*, яъни

$$m = k \cdot q,$$

бу ерда m — ажралиб чиққан модда миқдори, q — ўтган электр миқдори (кулон ҳисобида), k — пропорционаллик

коэффициенти бўлиб, модданинг *электрохимиявий эквиваленти* дейилади.

Агар $q = 1$ Кл бўлса, $m = k$ бўлади, бинобарин, *электрохимиявий эквивалент* сон жиҳатидан эритмадан 1 Кл заряд ўтганда электродда ажралиб чиққан модда массасига тенг.

Қуйида баъзи моддаларнинг *электрохимиявий эквивалентлари* келтирилган:

Модда	Электрохимиявий эквивалент, 10^6 кг/Кл	Модда	Электрохимиявий эквивалент 10^6 кг/Кл
Алюминий	0,093	Никель	0,3
Олтин	0,68	Кумуш	1,118
Мис	0,33	Рух	0,34

Ток кучи $I = \frac{q}{t}$ эканини билган ҳолда $q = It$ ифодани оламиз. q нинг бу қийматини $m = kq$ формулага қўйиб, ажралиб чиққан массани топамиз:

$$m = kIt,$$

яъни *электролизда электродда ажралиб чиққан модда массаси ток кучига ва унинг электролитдан ўтиб туриши вақтига тўғри пропорционал*дир.

77- §.

Фарадейнинг иккинчи қонуни

Агар ионларнинг килограмм-молини ифодаловчи A ни бу ионларнинг валентлигини билдирувчи n га бўлсак, тегишли ионларнинг *килограмм-эквивалентини* ҳосил қилган бўламиз.

Турли хил тузларни электролиз қилишга оид тажрибаларнинг кўрсатишича, электродда ҳар қандай модданинг бир килограмм-эквиваленти ажралиши учун бир хил электр миқдори керак экан. Заряднинг бу катталиги F билан белгиланади ва Фарадей сони деб аталади:

$$F = 9,65 \cdot 10^7 \text{ Кл.}$$

Ионларнинг килограмм-эквиваленти *химиявий эквивалент* деб ҳам аталади.

Модданинг электролизда ажралган химиявий эквивалентлари сони, бир томондан, умумий m массанинг битта $\frac{A}{n}$ химиявий эквивалент массасига бўлинганига, иккинчи томондан, эритма орқали ўтган q электр миқдорининг F Фарадей сонига бўлинганига тенг, яъни

$$\frac{m}{\frac{A}{n}} = \frac{q}{F},$$

бундан

$$m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} q.$$

Бироқ, Фарадейнинг биринчи қонунига асосан, $\frac{m}{q} = k$. Шунинг учун

$$k = \frac{1}{F} \frac{A}{n}.$$

Фарадейнинг иккинчи қонунини шундай ифодалаш мумкин: *моддаларнинг электрохимиявий эквивалентлари уларнинг химиявий эквивалентларига пропорционалдир.*

Бу муносабатни Фарадей тажрибада аниқлаган эди. F Фарадей сони ва N Авогадро сонини билган ҳолда (маълумки, Авогадро сони бир килограмм-эквивалент ионларда қанча бир валентли ион борлигини билдиради), бир валентли ионнинг зарядини аниқлаш мумкин:

$$e = \frac{F}{N} = \frac{9,65 \cdot 10^7 \text{ Кл/кмоль}}{6,02 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}.$$

В-лаборатория иши

Миснинг электрохимиявий эквивалентини аниқлаш

Асбоб ва материаллар: аккумулятор; мис купориси эритмаси солинган электролитик вазна; иккита мис электрод; бўлим қиймати 0,1 А бўлган ўзгармас ток амперметри; сурилма контактли реостат; рубильник; симлар; тарози; оғирлиги 0,01 г (куч) гача бўлган тарози тошлари; секундомер ёки секундли стрелкаси бўлган соат; электр плиткаси; сувли идиш.

Ишни бажариш тартиби:

1. Схемада курсатилгандек (108-расм) занжир тузинг.
2. Занжирни туташтиринг ва ток кучини реостат билан 0,5 А га яқин келтиринг.

3. Занжирни узинг, катодни чиқариб олинг, унй қум қоғоз билан иш-қалаб тозаланг, сувда чайиб олинг ва электр плиткеси устида тутиб қуритинг, сўнгра тарозида тортиб m_1 массасини аниқланг.

4. Катодни электролитик ваннага жойлаштиринг, занжирни уланг ва айни вақтда секундомерни юргизиб юборинг.

5. Тажриба 15—20 минут давом эта-ди, бу вақт ичида I ток кучи ўз-гармай туриши керак. Токнинг бу қий-матини ёзиб олинг.

6. Занжирни узиб, t вақтни ёзиб қў-йинг.

7. Катодни ваннадан чиқариб олинг ва эҳтиётлик билан сувда чайинг, электр плиткеси устида тутиб қуритиб, қайтадан тарозида тортинг ва m_2 масса-сини аниқланг.

8. Миснинг электрохимиявий эквивалентини

$$k = \frac{m_2 - m_1}{It}$$

формуладан ҳисоблаб топинг.

9. Тажрибани такрорланг ва электрохимиявий эквивалентнинг ўрта-ча $k_{\text{ср}}$ қийматини ҳисоблаб топинг.

10. Жадвалдан k нинг қиймати $k=0,329$ мг/Кл эканлигини билган ҳолда ўлчашдаги абсолют хатони аниқланг.

11. Ўлчашдаги нисбий хатони $\left(\frac{\Delta k}{k} \cdot 100\%\right)$ аниқланг.

12. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижаларини жадвалга ёзинг:

Тажриба номери	m_1	m_2	$m_2 - m_1$	I	t	k	$k_{\text{ср}}$	$\Delta k = k - k_{\text{ср}}$	$\frac{\Delta k}{k} \cdot 100\%$
1									
2									
3									

49- масала. Никеллашда 1 соат давомида буюмга қаллиниги 0,01 мм никель қатлами ўтириб қолди. Токнинг 1 дм² га туғри келадиган зич-лигини аниқланг.

Берилган:

$$h = 0,01 \text{ мм} = 0,00001 \text{ м} = 10^{-5} \text{ м}; \quad k = 0,3 \text{ мг/Кл} = 0,0000003 \text{ кг/Кл} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}; \quad t = 1 \text{ соат} = 3600 \text{ с} = 36 \cdot 10^2 \text{ с}; \quad \rho = 8,8 \text{ г/см}^3 = 8800 \text{ кг/м}^3 = 88 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3,$$

$$j = \frac{I}{S} = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) электролиз вақтида ажралиб чиққан никель массасининг ҳажми

$$V = Sh;$$

б) зичлик формуласидан никелнинг массаси

$$m = \rho V = \rho Sh$$

булади, бундан

$$S = \frac{m}{\rho h};$$

в) Фарадейнинг биринчи қонунига мувофиқ, никелнинг массаси $m = kIt$ булади, бундан

$$I = \frac{m}{kt};$$

г) токнинг зичлиги

$$j = \frac{I}{S} = \frac{\frac{m}{kt}}{\frac{m}{\rho h}} = \frac{\rho h}{kt}.$$

2. Сон қийматларини қўйиб ҳисоблаймиз:

$$j = \frac{88 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{А} \cdot \text{с}} \cdot 36 \cdot 10^3 \text{ с}} \approx 81,5 \frac{\text{А}}{\text{м}^2} = \frac{81,5 \text{ А}}{100 \text{ дм}^2} = 0,815 \text{ А/дм}^2.$$

41- масала. Тозаланмаган мисни 8 соат давомида рафинлаганда (тозаланганда) қанча тоза мис олинади? Бу ишда кетма-кет уланган барча ванналарнинг клеммаларидаги кучланиш 120 В, қутбланиш э. ю. к. 70 В, ванналарнинг ички қаршилиги 5 Ом.

Берилган:

$$t = 8 \text{ соат} = 3600 \text{ с} \cdot 8 = 288 \cdot 10^3 \text{ с}; \quad U = 120 \text{ В}; \quad \mathcal{E} = 70 \text{ В}; \\ R = 5 \text{ Ом}; \quad k = 0,33 \text{ мг/Кл} = 33 \cdot 10^{-9} \text{ кг/Кл}.$$

$$m = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) Ом қонунига кўра, занжирнинг э. ю. к. га эга бўлган қисмидаги ток кучи

$$I = \frac{U - \mathcal{E}}{R};$$

б) электролизда Фарадейнинг биринчи қонунига мувофиқ ажралиб чиққан мис массаси қуйидагига тенг:

$$m = kIt \text{ ёки } m = \frac{k(U - \mathcal{E})t}{R}.$$

2. Массани ҳисоблаймиз:

$$\begin{aligned} m &= \frac{33 \cdot 10^{-8} \text{ кг/Кл} (120 \text{ В} - 70 \text{ В}) \cdot 288 \cdot 10^3 \text{ с}}{5 \text{ Ом}} = \\ &= \frac{33 \cdot 10^{-8} \text{ кг/Кл} \cdot 50 \text{ В} \cdot 288 \cdot 10^3 \text{ с}}{5 \text{ В/А}} = \\ &= 33 \cdot 10^{-8} \text{ кг/Кл} \cdot 10 \text{ А} \cdot \text{с} \cdot 288 \cdot 10^3 = 0,095 \text{ кг} = 95 \text{ г}. \end{aligned}$$

78- §.

Электролизнинг техникада қўлланиши

1. Гальваностегия. Электролиз ёрдамида металл буюмларни бошқа металлнинг юпқа қатлами билан қоплаш гальваностегия деб аталади. Масалан, буюмларни никеллаш, олтин суви юритиш, кумуш суви юритиш, хромлаш ва шунга ўхшашлар гальваностегия йули билан амалга оширилади. Буюмларни занглашдан эҳтиёт қилиш ёки уларнинг мустақкамлигини ошириш ва баъзан уларга сайқал бериш мақсадида шундай қилинади.

Сиртига барқарор металл юритилмоқчи бўлган буюмлар яхшилаб жилоланади ва ёғлардан тозаланади. Тайёрланган буюм катод сифатида электролитик ваннага солинади. Буюм сиртига ялатиладиган металл эса анод бўлади, электролит сифатида ялатиладиган металл (анод ўрнидаги металл) тузининг сувдаги эритмаси олинади. Масалан, бирор металл буюмни никеллаш учун унинг сирти яхшилаб тозалангандан сўнг уни никель сульфатнинг (NiSO_4) сувдаги эритмасига ботирилади, бу буюм катод бўлади, никель пластинка эса анод бўлади.

2. Ғовакли хромлаш. Совет инженерИ И. С. Воронинин кашф қилган ғовакли хромлаш катта аҳамият касб этиб бормокда.

Маълумки хром жуда мустақкам, иссиқликни яхши ўтказади, ишқаланиш коэффициенти кичик ва зангламайди. Шунинг учун самолёт, автомобиль ва ҳоказоларнинг ички ёнув двигателларини тайёрлашда цилиндрларнинг иш сиртларини хромлаш мақсадга мувофиқдир, чунки бунда поршень ва цилиндрнинг иш шароити анча яхшилланган бўлур эди.

Бироқ моторсозлик саноатида хромлашнинг кенг тарқалишига бир жиддий нуқсон халақит берди: гап шундаки, хромнинг силлиқ сиртида ишқаланувчи сиртларни мойлаб турувчи ёғ турмайди.

Шунинг учун, қуруқ ишқаланиш юзага келиб, цилиндр-деворлари тирналиб қоладиган бўлди.

Инженер И. С. Вороницин хромлашнинг янги усулини ишлаб чиқди. Бу усул шундан иборатки, цилиндрнинг иш сиртига («күзгусига») электролитик метод билан 0,15—0,20 мм қалинликда хром қатлами қопланади. Сўнгра электролитик ваннада токнинг йўналиши ўзгартирилади — ишлов берилаётган цилиндр анод қилинади. Олдин қопланган хром қатлами энди парчаланиб, электролитда эрий бошлайди.

Бундай парчаланиш давомида цилиндр сиртидаги хром куплаб кичик каналлар тарзида илма-тешик бўлиб кетади. Бу кичик каналчалар тегишли ўлчамга етганда бу процесс тўхтатилади.

Бу операциянинг самараси улкан бўлди. Хромланган сиртнинг яхши сифатлари сақлангани ҳолда қуруқ ишқаланиш эҳтимоли бартараф қилинди, чунки ингичка каналчалар ўйни яхши ушлаб қолади.

3. Металларни электр пардозлаш. Бир металл сиртига бошқа металл қатлами юритиш техникада кенг қўлланилади. Бу мақсадда қўлланиладиган гальваник ванналар унча катта бўлмаган буюмлар учунгина ярайди. Катта-катта конструкцияларга металл қандай қилиб яратилади? Катта конструкцияларга металл совет инженери И. И. Варшавский ихтиро қилган электр пардозлаш усули билан яратилади.

Бу методнинг моҳияти қуйидагича. Бир учиди металл толалардан қилинган чўткаси бўлган изоляцияланган металл электрод ток манбаининг мусбат қутбига уланади. Чўтка толалари сиртига резинка қопланган. Пардозланадиган буюм катодга уланади, керакли металлнинг тузи эритилган электролит билан узлуксиз равишда ҳўллаб туриладиган чўтка буюмга суркаб чиқилади. Бунда металл эритмадан ажралиб чиқиб, буюмга ўтириб қолади.

Бу метод билан ҳар қандай катталикдаги сиртларга бемалол металл ялатиш мумкин.

4. Гальванопластика. Электролитик усул билан калинроқ (бир неча миллиметр) қатламлар ҳосил қилиш гальванопластика дейилади. Бунинг рус олими Б. С. Якоби 1838 йилда кашф қилган.

Ўз тажрибаларидан бирида Б. С. Якоби катод сифатида мис пластинка олди, бу пластинкага олимнинг фамилияси ўйиб ёзилган эди. Электр токи пластинкада мис қатлами ҳосил қилди. Бу қатламни пластинкадан кўчириб, олим унда ўз фамилиясининг аниқ изи қолганини кўрди. Ҳарф-

ларни бўяб, қоғозга босгач, босмада асл нусханинг худди ўзи тушганига ишонч ҳосил қилди.

Гальванопластикага оид тажрибаларни давом эттириб, Якоби кичик металл буюмларнинг тескари нусхаларини мумдан тайёрлади, сўнгра бу нусхаларга графит гарди қонлаб, уларни мис купороси эритмаси солинган ваннага катод ўрнида осиб қўйди.

Қалинлиги бир неча миллиметр келадиган мис қатлами мум нусхани қоплаган ва асл нусханинг аниқ тасвирини ҳосил қилган. Кейинчалик барельефлар тайёрлашда ана шу методдан фойдаланилди.

Авваллари устига металл ўтирадиган қолиплар бир неча бўлак қилиб тайёрланар эди, шунинг учун ҳайкал бир неча бўлак шаклида тайёрланиб, сўнгра бир-бирига бириктирилар эди. Ҳайкалда кўзга кўринадиган бир неча чоклар бўлиб, улар бадий таассуротни камайтирар эди.

Ҳозирги вақтда гальванопластиканинг янги технологияси ишлаб чиқилган.

Бу технология асосида монументал ҳайкал яхлит ҳолда битта ҳам чоксиз яратилиши мумкин, бу ҳол ҳайкалнинг бадий жиҳатдан сифатли бўлишини таъминлайди.

Бу усул билан тайёрланганда ҳайкалларнинг оғирлиги уларни яхлит қилиб қўйиб ясагандагидан 10 марта енгил бўлади, бу эса кўплаб металл тежашга имкон беради.

Гальванопластиканинг янги технологиясининг асосий белгилари қуйидагилардир.

Ҳайкалтарош лойдан монументал моделни ясаб олади. Сўнгра лойдан қилинган асосий оригинал устидан гипс қолип қуйилади. Гипс қолип ичида қолган лой суюлтириб ювиб ташлаш йўли билан чиқариб олинади (бунда оригинал йуқ бўлиб кетади) ва гипсдан ясалган негатив, яъни моделнинг тескари тасвири ҳосил қилинади.

Қолип қурилади ва уни намдан эҳтиёт қилиш учун унга мум аралаштирилган модда шимдирилади ва унинг ички сиртини электр ўтказадиган қилиш учун унга графит ёки кумушнинг юпқа қатлами суркалади. Ўтказгичларни улаб қолипни катод сифатида электролитик ваннага туширилади. Мис купоросининг электролизи натижасида катодда (қолипнинг ичида) мис ажралиб чиқади, мис қатламининг қалинлиги 3—5 мм га етгунча бу жараён давом эттирилади.

Ҳосил бўлган металл ҳайкалдан гипс осонгина ажратиб олинади (гипс қолип синдирилади), сўнгра эса мис сиртига

бронза қопланади. Мисга бронза гальваник усул билан қопланади.

Агар ҳайкалтарош ясаган ҳайкални сақлаб қўйиш керак бўлса, гипс қолип икки марта ясаллади.

Дастлаб гипс қолип алоҳида бўлақлардан ясаллади (булак-булак қолип) ва асл нусхани бўшатиб қолип лойга тулдирилади. Булак-булак қолипни олиб ташлаб, иккинчи — яхлит гипс қолип ҳосил қилинади.

Гальванопластиканинг янги технологияси бизнинг мамлакатимизда кенг ишлатилмоқда.

Патефон пластинкалари учун электролитик йўл билан матрицалар тайёрлаш жуда муҳимдир.

Дастлаб товуш юпқагина мум қатлами ётқизилган шиша пластинкага ёзиб олинади. Бу пластинкага графит гарди юмшоқ чўтка билан суркалади, бунда пластинка ток ўтказадиган бўлиб қолади, сўнгра эса мис купоросини электролиз қилиш орқали рельефли металл қолип олинади. Бундай пластинка матрица деб аталади.

Матрица негатив бўлади, яъни шиша пластинкадаги ҳар бир чуқурчага мис пластинкада дўнглик тўғри келади. Матрицалар ёрдамида пластмассада аслига жуда ўхшаш бўлган кўплаб пластинкалар тайёрлаш мумкин.

Гальванопластика методи билан босмаҳоналар учун мис клишелар тайёрланади, улардан 40 000 гача нусха олиш мумкин, агар мис клишега хром ялатилса, ундан 1 500 000 нусха босиш мумкин. Гальванопластика пластмасса, резина ва металл буюмлар учун пресс-қолиплар тайёрлаш учун ҳам кенг имкониятлар очиб берди, натижада юқори малакали токар ва граверларнинг заҳматли ишини осон бажариш мумкин бўлди.

5. Металларни рафинлаш. Тоза металлар асосан электролиз ёрдамида олинади. Бундай усул билан химиявий жиҳатдан тоза металлар олиш рафинлаш деб аталади. Ҳозирги замон электротехникасида кўп ҳолларда жуда тоза мис ишлатиш керак бўлади. Бунинг учун тозаланмаган мис қуйидагича рафинланади. Массаси 150 дан 280 кг гача бўлган тозаланмаган мис парчалари анод сифатида олинади, электролит сифатида эса мис купоросининг суюлтирилган сульфат кислотадаги эритмаси олинади. Бир озгина мойланган юпқа мис пластинкалари катодлар сифатида олинади. Сўнгра катоднинг ҳар бир квадрат метрига тўғри келган катталиги 250 А дан ошмайдиган ўзгармас ток ўтказилади. Тоза мис катодларга ўтириб қолади, анод эса бу вақтда эриб кетади, бунда

фақат мис эрийди, аралашмалари эса ғовак чўкма ҳосил қилиб, аста-секин ваннанинг тубида чўқади. Чўкмада баъзан нодир металллар, масалан 3% гача олтин, 30% гача кумуш бўлади. Олтин, кумуш, қалай, рух ва бошқа металллар ҳам шу тариқа рафинланади.

6. Алюминий олиш. Йилдан-йилга соф металл сифатида ва қотишмалар сифатида алюминий кенг қўлланиб бормоқда (масалан, самолётсозликда, электротехникада, маиший эҳтиёжлар учун). Алюминий Ер қобиғининг $\approx 8\%$ ини ташкил қилади. Биринчи марта алюминий 1827 йилда химиявий йўл билан, 1857 йилда эса электролитик йўл билан олинди.

Ҳозирги вақтда гидроэлектр станциялари бераётган арзон электр энергияси туфайли алюминий асосан электролиз ёрдамида олинади. Бунинг учун катта кўмир тигеллардан фойдаланилади.

Тигелларга бокситлардан (таркибида алюминий бўлган рудалардан) олинadиган гилтупроқ (Al_2O_3) солинади. Тигель катод бўлади, кўмир стерженлар эса анод бўлади. Ўзгармас ток ўтказилганда электр ёйи ҳосил бўлиб, гилтупроқни эритади, сунгра электролиз рўй беради. Тоза алюминий катодда ажралиб чиқади, шунинг учун тигелнинг тубида тўпланади. Вақт-вақти билан тоза алюминий тигелнинг пастки тешигидан оқизиб юборилади. Бошқа металллар, масалан, магний, калий, натрий ҳам шу йўл билан олинади.

Электролиз ёрдамида фақат металллар олиш билангина чегараланилмайди. 1888 йилдаёқ рус ихтирочиси Д. А. Лачинов кислота қўшилган сувни электролиз қилиш йўли билан саноатда водород ва кислород олиш методини биринчи бўлиб ишлаб чиққан эди. Бу ихтиро ҳозирги вақтда саноатда кенг ишлатилмоқда ва гидроэлектр станцияларида олинаётган электр энергияси арзонлашиб борган сари кенг қулоч ёймоқда.

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Электролитик диссоциация деб нимага айтилади?
2. Электролитдаги электр токи нимадан иборат?
3. Электролиз нима?
4. Фарадейнинг биринчи қонуни қандай таърифланади?
5. Электрохимиявий эквивалент нима?
6. Занжирга кетма-кет равишда учта электролитик ванна уланганлардан биринчисига кумуш тузи эритмаси, иккинчисига мис тузи эритмаси, учинчисига алюминий тузи эритмаси солинган. Бу ванналарда ажралиб чиққан моддаларнинг массалари қандай нисбатда бўлади?

Жавоб: $m_1 : m_2 : m_3 = k_1 : k_2 : k_3 = 1,118 : 0,33 : 0,093$.

7. Икки соатда 8,049 г кумуш ажралиб чиқиши учун ток кучи қандай бўлиши керак?

Жавоби: 1 А.

8. Ваннанинг қаршилиги 1,2 Ом ва қутбланиш э. ю. к. 2 В бўлганда унда 1 минут давомида 28 мг алюминий ажралиб чиқиши учун 8 В кучланиш керак бўлди. Алюминийнинг электрохимиявий эквиваленти нимага тенг?

Жавоби: 0,093 кг/Қл.

9. Гальваностегия нима ва у қандай мақсадларда қўлланилади?

10. Фовакли хромлаш процесси қандай амалга оширилади ва у қаерларда қўлланилади?

11. Гальванопластика нима ва у қаерларда қўлланилади?

12. Металлар қандай қилиб рафинланади?

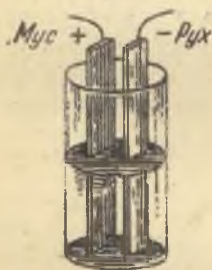
13. Алюминий қандай қилиб ишлаб чиқарилади?

79- §.

Гальваник элементлар.

Вольт элементи

1799 йилдаёқ олим Вольт кислота қўшилган сувга ботирилган, турли металллардан қилинган икки пластинка орасида потенциаллар фарқи тувага келишини аниқлади. Масалан, сульфат кислота эритмасига ботирилган рух ва мис пластинкалар тахминан 1 В га тенг потенциаллар фарқига эга бўлади. Агар бу пластинкалар бир-бирига ўтказгич билан уланса, занжирдан ток ўтади, эритмада эса бу вақтда химиявий процесслар юз беради. Умуман электролитга ботирилган иккита турли жинсли ўтказгич билан электролит орасида ўзаро таъсир бўлса, улар токнинг химиявий манбан бўлади ва гальваник элемент деб аталади (109- расм).



109- расм.

Вольт элементида бўладиган ҳодисаларни қараб чиқайлик. Гальваник элементлар тайёрланганда деярли юз йил ўтгандан кейин химиявий энергиянинг электр энергиясига айланиши назарияси ишлаб чиқилди (1889 й). Бу назарияга мувофиқ, ҳар қандай металл эришнинг электролитик босимига (ёки эришнинг электролитик эластиклигига) эгадир. Суюқликка (ҳатто тоза сувга) ботирилган ҳар қандай металл электролитик босим туфайли эрийди. Вольт элементида сульфат кислотага рух пластинка ботирилганда рух эрий бошлайди. Бунда рухнинг ҳар бир атоми пластинкада иккитадан электрон қолдиради ва эритмага рухнинг мушбат иони бўлиб тушади. Бунинг натижасида рух пластинка манфий, эритма эса мушбат зарядланади. Рух пластинка билан эритма орасидаги потенциаллар фарқи рухнинг янада эриши учун тўсқинлик қиладиган катталikka етгунча рух эрийверади. Демак, эриш эластиклиги электрод билан эритма орасидаги маълум потенциаллар фарқига мос келади. Мис пластинканинг эриш эластиклиги жуда кичик бўлади, шунинг учун мис пластинка билан эритма орасидаги потенциаллар фарқи кам бўлади. Агар пластинка-

лар бир-бирига ўтказгич билан уланса, рух пластинканинг электронлари (улар бу пластинкада кўп) сим бўйлаб мис пластинкага қараб (унда электронлар кам) ҳаракатланади. Рух пластинкадан электронларнинг кетиши рухнинг эриш эластиклиги билан эритма ва рух пластинка ўртасидаги потенциаллар фарқи орасидаги мувозанатни бузади, шунинг учун рух яна эрий бошлайди. Мис пластинкага келаётган электронлар пластинкадан унинг яқиндаги мис ионларига (Cu^{++} га), шунингдек, водороднинг эритмадаги (сульфат кислотанинг диссоциацияси туфайли ҳосил бўлган) мусбат ионларига (H^{+} га) ўта бошлайди. Эритма ичида водород ионлари мис пластинкага томон, кислота қолдигининг (SO_4^{--}) манфий ионлари рух пластинкага томон ҳаракатга келади. Рух билан сульфат кислотанинг химиявий ўзаро таъсир энергияси ҳисобига электр зарядлари узлуксиз бўлган тартибли ҳаракатга шундай қилиб келади. Мис пластинка элементнинг мусбат қутби деб, рух пластинка эса элементнинг манфий қутби деб аталади. *Узук элементнинг потенциаллар фарқи элементнинг электр юритувчи кучи (э. ю. к.) деб аталади.*

Ҳар қандай гальваник элементнинг э. ю. к. унинг пластинкалари ўлчамига боғлиқ бўлмагани ҳолда, пластинкалар моддасига ва эритмага боғлиқ бўлади.

80- §.

Вольт элементининг қутбланиши.

Лекланше элементи

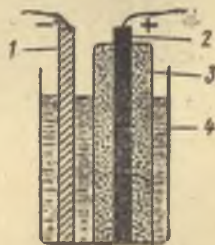
Занжир туташтирилганда Вольт элементининг кучланиши жуда тез пасайиб кетишни тажрибалар кўрсатади. Бунинг сабаби шундаки, рух билан сульфат кислотанинг ўзаро таъсирлашишида ажралиб чиқаётган водород пуфакларидан иборат газ қатлами ҳосил бўлади. Пуфаклар мис пластинкага утириб қолади ва ёмон ўтказувчан бўлгани учун элементнинг ички қаршилигини орттириб юборади, бунинг оқибатида занжирда ток кучи камаяди ва элементнинг э. ю. к. ни 1,10 дан 0,77 Вга камайтирувчи қарама-қарши э. ю. к. юзага келади. Бундай ҳодиса элементнинг қутбланиши дейилади, ҳосил бўлган э. ю. к. эса қутбланиш э. ю. к. дейилади. Қутбланиш ҳодисасини бартараф қилиш деполяризация деб, қутбланишни бартараф қилувчи моддалар эса деполяризаторлар деб аталади. Қутбланиши катта бўлгани учун Вольт элементи қўлланилмайди.

Қутбланиш ҳодисасини рус олими А. С. Савельев 1845 йилда чуқур ўрганган эди.

Қутбланмайдиган элемент сифатида Лекланше элементини кўрайлик (110- расм).

Лекланше элементи новшадилининг сувдаги 4 эритмасига ботирилган 1 рух ва 2 кўмир стерженлардан тузилган. Кўмир стержень элементнинг мусбат қутби, рух стержень эса манфий қутби бўлади. Кўмир стержень 3 халтачага солиб қўйилади, бу халтача ичида деполяризатор, яъни марганец II-пероксид солинган бўлади.

Элементнинг э. ю. к. 1,5 В га тенг. Элемент туташтирилганда рух новшадили билан реакцияга киришади ($\text{Zn} + 2\text{NH}_4\text{Cl} =$



110- расм.

$= \text{ZnCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}$). Электронлар ташқи занжир бўйлаб рухлан кўмирга қараб юради, шунинг учун кўмир манфий зарядлиб қолади. Водород ионлари (мусбат зарядланган) эритмада кўмирга қараб ҳаракатланади ва биттадан электрон олиб атомларга айланади. Сўнгра водород марганец II-пероксид билан реакцияга киришиб, сув ҳосил қилади ва марганец II-пероксиднинг марганец оксидига айлантиради ($2\text{H} + \text{MnO}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{MnO}$). Водороднинг оксидланиши узафайли элементнинг қутбланиши бартараф қилинади. Бироқ элемент узоқ вақт ишлаганида барибир қутбланиш бўлади. Бунга деполяризаторнинг каттиқ ҳолатда бўлиб, водороднинг секин оксидланиши сабаб бўлади. Агар элемент узоқ бўлса, бирор вақт ўтгандан сўнг водородни деполяризатор батамом ютади ва элементнинг э. ю. к. яна деярли 1,5 В га етади. Қисқа вақт ичда бундай элементдан 3 А гача ток олиб ишлатиш мумкин, шунинг учун Лекланше элементи электр қўнғироқлари, чўнтаки фонарлар, дала телефонлари сингари ток қисқа вақт давомида фойдаланиладиган жойларда «қуруқ» элемент номи билан ишлатилади. «Қуруқ» элементларда суяқ эритма ўрнида яхшилаб новшадил сингдирилган моддалар, масалан, ёғоч қипиқлари ишлатилади.

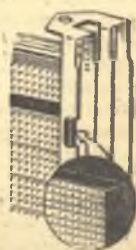
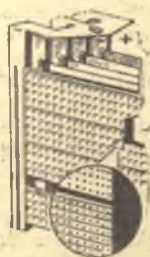
81- §.

Аккумуляторлар. Аккумуляторнинг сифими. Аккумуляторларнинг ишлатилиши

Агар сульфат кислота эритмаси электролиз қилинса, кагодда водород, анодда эса кислород ажралиб чиқади. Сульфат кислотани электролиз қилишда электродларга ўтириб қолган водород ва кислород пуфаклари бир оз вақт ўтгандан кейин йўқолади. Бу газлар диссоциланади ва бунда қутбланиш токи деб аталадиган қисқа муддатли ток пайдо бўлади. Агар электролиз вақтида химиявий жиҳатдан ўзгарадиган электродлар олинса, кучланиши каттагина бўлган ва кўпроқ вақт давомида ўтиб турадиган қутбланиш токи олиш мумкин. Қутбланиш токи ҳосил бўлишида электродлари қайта тикловчи процесслар юз беради. Кўриб турибмизки, электр энергиясини химиявий энергияга ва сўнгра химиявий энергияни электр энергиясига айлантирувчи асбоб яшамиз мумкин. Бундай асбоб аккумулятор деб аталади. Шундай қилиб, аккумуляторлар электродларнинг қутбланиш хоссаси асосида тuzилган.

Ҳаёт электротехниклар олдига актуал проблемани — генераторлардан олинаётган электр энергиясини жамғарини ва ушн зарур бўлганда ишлатиш усуллариини ишлаб чиқиш проблемасини қўйди. Бу мақсадлар учун яроқли бўлган биринчи аккумуляторлар 1859 йилда яратилган эди. Электролит сульфат кислота эритмаси, электродлар эса кўрғошин пластинкалари эди. Аккумуляторга ўзгармас ток берилганда катодда водород, анодда эса кислород ажралар ва бу кислород кўрғошиннинг сирт қатлами билан бирикиб кўрғошин II-пероксид (PbO_2) ҳосил қилар эди. Шундай қилиб, аккумулятор зарядланганда унинг электродлари химиявий жиҳатдан ўзгарар эди. Аккумулятор ташқи қаршиликка уланганда у разрядланар ва бунда унинг электродлари химиявий жиҳатдан қайта тикланар эди.

Кислотали аккумулятор сульфат кислота эритмасига ботирилган кўрғошин рама ёки сирти қиррали бўлган пластинкадан иборат (III-расм). Бу пластинкалар орасидаги бўш жойга кўрғошин оксидлари прес-



111- расм.

112- расм.

слаб тикилади: анод пластинкасига сурик прессланади, катод пластинкасига эса глет прессланади. Аккумуляторларни формовка қилишда ғовак қўрғошиндан фойдаланиш ғоясини 1888 йилда рус олими Д. А. Лачинов айтган эди. Электрлит сифатида сульфат кислотанинг 20 процентли эритмаси олинади. Аккумуляторни зарядлашда сульфат кислота электролизланади ва иккиламчи реакциялар натижасида электродлар химиявий жиҳатдан ўзгаради: анод қўрғошин II-пероксидга (PbO_2) айланади, катод эса соф қўрғошин (Pb) бўлиб қолади. Аккумулятор разрядланганда ҳамма процесслар тескари тартибда боради ва химиявий энергия электр энергиясига айланади. Тажрибаларнинг кўрсатишича, э. ю. к. 2,7 В гача етади, бироқ разрядланиш вақтида э. ю. к. дарҳол 2 В га тушади ва бу даражада узоқ вақт сақланади, сўнгра секун пасаяди. Аккумуляторни кучланиши 1,85 В дан пастга тушадиган қилб разрядлаш яхши эмас, чунки буида унинг сизими ва ф. и. к. анча пасайиб кетади. Аккумуляторни зарядлашда пластинкасининг 1 дм² юзига тўғри келадиган ток 0,5 А дан ортиқ бўлган, аккумулятордан ҳаддан ташқари катта ток кучи олган (қисқа туташувда), узоқ вақт давомида зарядланмай сақланган ҳолларда аккумулятор осонгина бузилиб қолади.

Қўрғошинли аккумулятор сеғир бўлади, силкинганда ва кучланиши 1,8 В дан паст бўлгуча разрядланганла бузилиб қолади. Бу жиҳатлар унинг камчилигидир.

Ишқорли аккумулятор (112-расм) ичига ўювчи калийнинг 20% ли эритмаси солинган темир яшиқдир. Мусбат электрод никелланган темир панжара бўлиб, унга никель оксиди билан графит кўкуни солинган; манфий электрод эса темир оксиддан иборат. Ишқорли аккумуляторла бўладиган реакциялар ҳали охиригача аниқланган эмас. Темир никелли аккумуляторнинг э. ю. к. 1,3 В га яқин бўлади.

Ишқорли аккумуляторларнинг кислотали аккумуляторлардан афзаллиги бор: уларнинг вазни енгил, разряд токининг кучи катта бўлиши мумкин, механик мустаҳкамлиги катта ва тула разрядланиши мумкин.

Аккумуляторларнинг сизими ҳар хил бўлади. Аккумуляторнинг разрядланиш вақтида бериши мумкин бўлган электр миқдори аккумуляторнинг сизими дейилади.

Сигими ампер · соат ҳисобида ўлчамади (А·соат). Ҳар бир ампер·соат 3600 Кл га тенг. Қўрғошин аккумуляторларнинг сигими 5 дан 1000 А·соатгача бўлади. Унинг ҳар бир килограмм оғирлигига 3,5 дан 6 А·соатгача тўғри келади. Агар аккумуляторнинг сигими 10 А·соат бўлса, бу демак, аккумулятор 10 соат давомида 1 А ток кучи, 5 соат давомида 2 А ток кучи, ёки 20 соат давомида 0,5 А ток кучи бериши мумкин демакдир. Бундай комбинациялар жуда кўп бўлиши мумкин, бироқ уларнинг ҳаммасини ҳам амалга ошириш мумкин эмас, чунки кислотали аккумуляторлар разряд токининг кучини унча кўп ўзгартириб бўлмайди. Кислотали аккумуляторларнинг фойдали иш коэффициенти 80% га яқин. Агар A_p — аккумуляторнинг разрядлашида олинган энергия, A_c — уни зарядлаш учун сарф қилинган энергия, η —ф. и. к. бўлса, у ҳолда

$$\eta = \frac{A_p}{A_c}$$

Аккумуляторлар электр энергиясини йиғиш ва сақлаш, уни исталган жойга олиб бориш ва исталган вақтда ишлатишга имкон беради. Аккумуляторлар лаборатория практикасида (ўзгармас токнинг яхши манбалари сифатида), автомобиллар, автобуслар, темир йўл вагонлари, тунда ишлаганда тракторларни ёритиш, унча катта бўлмаган темир йўл аравачаларини ҳаракатлантириш, заводдаги аравачаларни, сув ости кемаларини юргизиш, ўзгармас токда ишлайдиган (масалан, автомобиль, самолёт ва ҳоказолардаги) радиопередатчик ва радиоприёмникларни ишлатиш, шахтёрлар лампасини ёқиш ва бошқа жуда кўп жойларда ишлатилади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Гальваник элемент деб нимага айтилади?
2. Электродларнинг қутбланиши нимадан иборат?
3. Деполяризация нима?
4. Лекланше элементи қандай тузилган ва қандай ишлайди?
5. Аккумулятор нима?
6. Аккумуляторни зарядлаш нима?
7. Аккумуляторни разрядлаш нима?
8. Рус олими Д. А. Лачинов аккумуляторни қандай такомиллаштирди?
9. Аккумуляторларнинг сигими нима ва у қандай бирликлар билан ўлчанади?
10. Аккумуляторлар қаерларда ишлатилади?

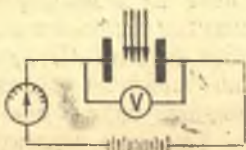
82- §.

Газларнинг ионланиши

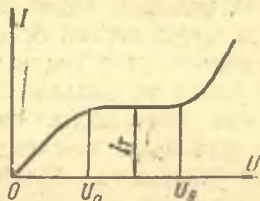
Одатдаги шароитларда газлар электрни ёмон ўтказидади, бироқ қиздириш ва турли нурлар: ультрабинафша, рентген, катод нурлари, радиоактив моддаларнинг нурлари таъсир эттириш ва бошқа усуллар билан газларнинг электр ўтказувчанлигини ошириш мумкин. Бу факторлар таъсирида газлар ионлашади, газларнинг электр ўтказувчанлиги эса бундай ионлашиш даражасига боғлиқ бўлади.

Газларда юз берадиган электр разрядини тажрибада ўрганиш олимларни газнинг ионлашиши молекуладан электроннинг узилишидан иборат бўлади, деган хулосага олиб келди. Ўзилган электрон нейтрал молекулага дуч келганида унга қўшилиб, молекулани манфий зарядланган ионга айлантиради, электрон йўқотган молекула эса мусбат ион бўлиб қолади. Бироқ жуда кучли ионизаторлар ҳам газни унчалик ионлаштира олмайди. Масалан, энг зўр ионизатор ҳисобланган радийнинг тоза тузининг 1 мг миқдори 1 с давомида атрофдаги ҳаво қатламларида 100 млн. молекуладан фақат биттасинигина ионлаши мумкин.

Газ молекулаларининг ионлашиш процесси узлуксиз реакция процесси, яъни нейтрал молекулалар пайдо бўлиш процесси билан биргаликда боради, шунинг учун газ электрни ионизатор бўлгандагина яхши ўтказидади ва ионизатор таъсири йўқотилганда унинг ўтказувчанлиги пасайиб кетади. Газнинг электр ўтказувчанлиги куйидагича ўрганилади: ясси конденсаторнинг иккала пластинкасига батареянинг қутблари уланади. Токни ўлчаш учун сезгирлиги юқори даражада бўлган гальванометр, потенциаллар фарқини ўлчаш учун эса вольтметр уланади (113- расм). Ионизатор бўлмаганида гальванометр ток кўрсатмайди. Газни ионлаштирамиз, масалан, рентген нурлари таъсирида ионлаштирамиз, бу ҳолда занжирда ток борлигини қайд қиламиз. Кучланишни орттира борамиз, у ҳолда ток кучи ҳам кучланишга пропорционал равишда орта боради, яъни кучланишлар кичик бўлганда газда токнинг кучи Ом қонунига риоя қилади.



113- расм.



114- расм.

Бироқ маълум бир пайтдан бошлаб ток кучи борган сари секинлик билан ортади ва ниҳоят шундай бўладики, кучланиш ортишига қарамай ток кучи ўзгармай қолади. *Токнинг кучи кучланишга боғлиқ бўлмайдиган ҳолдаги ток тўйиниш токи дейилади.*

Тўйиниш токига Ом қонунини қўллаб бўлмайди. Кучланиш янада анчагина орттирилганда ток кучи жуда тез орта бошлаб, улкан қийматларга етиши — учқун чиқиши мумкин. Газдан ўтаётган ток кучининг кучланишга боғланиш графиги 114-расмда кўрсатилган. U_a дан U_b гача бўлган соҳада тўйиниш токи ўтиб туради; кучланишнинг янада ортишида учқун разряди юз беради, бунда ток кучи жуда катта қийматларга эришади. Бу ҳодисаларнинг сабабини аниқлайлик.

Кучланиш кичик бўлганда ионизатор таъсирида ҳосил бўлган ионларнинг ҳаммаси ҳам электродларга интилавермайди, шунинг учун занжирда ток кучи кам бўлади.

Кучланиш ортгани сари электродларга интилувчи ионлар сони орта боради ва ток кучи Ом қонунига кўра орта боради. Кучланишнинг қиймати 1 секундда ҳосил бўлган барча ионлар электродларга қараб ҳаракатланадиган бўлганда ток кучи максимал қийматига эришади, бу ҳолда тўйиниш токи ўтиб туради. Энди кучланишни янада кўпроқ орттирилганда нима ҳисобига ток кучи янада ортади, деган савол туғилади? Бу ҳодисанинг сабаби қуйидагича бўлади. Электр майдонида электронлар анчагина катта тезликлар олади. Агар электродлардаги кучланишни орттирсак, масалан, бир неча ўн минг вольтга орттирсак (электродлар орасидаги масофа 1—2 см бўлганда), бу ҳолда электронларнинг тезликлари шундай қийматларга эришадики, электрон нейтрал молекула билан тўқнашганда молекуладан электрон узилади ва ионлар тез кўпайиб кетади. Ионларнинг бу-

тун бир қуюни (кўчкиси) электр учқуни ҳосил қилган ҳолда электродларга қараб интилади. Ионларнинг электр учқунида ҳосил қилган босими бир неча юз атмосферага етади ва шунинг учун учқун фақат қоғоз ёки картоннитина эмас, ҳатто шиша ва слюдани ҳам тешиши мумкин. Шундай қилиб, агар газда лоақал битта эркин электрон бўлса ҳам, юксак кучланиш таъсирида газ шиддат билан ионлашади ва ток ўтказадиган бўлиб қолади. Газларда молекулаларнинг ионларга, электролитларда бўлгани сингари, парчаланмаслиги фактини қайд қилиб ўтиш керак.

Газнинг ионланишида баъзи молекулалар ўз электронини йўқотади, бошқалари эса бу электронни ўзига қушиб олиб, ионларга айланади.

Газ ионлари электродга келар экан, ортиқча электронларини беради ёки ўзига етишмаган электронларни қушиб олади ва нейтрал молекулаларга айланади, яъни яна қайтадан газга аралашиб кетади ва шунинг учун электродларда таркибий қисмлар шаклида ажралмайди. Маълумки, электролит электродларда таркибий қисмларга ажралади. Демак, Фарадейнинг I қонунини газларга қўллаб бўлмайди.

Электролитларда ток ионларнинг тартибли ҳаракати экани бизга маълум. Газлардаги ток нимадан иборат?

Газлардаги ток ионлар ва эркин электронларнинг тартибли ҳаракатидир.

83- §.

Газларда атмосфера босими шароитида юз берадиган разрядлар

Газлардан ўтаётган тоқларни разрядлар деб аташ қабул қилинган. Электродлар орасида кучланиш катта бўлганда газ зарб билан ионланади, бу ҳол газда разряд юз беришига сабаб бўлади.

Атмосфера босимида газда уч хил разряд бўлиши маълум: 1) сокин разряд, 2) учқунли разряд, 3) ёй разряди.

1. Сокин разряд уч турга бўлинади: ёруғлик чиқармайдиган разряд, попук разряд ва тож разряд:

а) ёруғлик чиқармайдиган разряд кўпинча ўткир уч билан текислик орасида потенциаллар фарқи унча катта бўлмаганда юзага келади. Уни электрометр ёрдамида (ўтказгичнинг потенциали камайишига қараб) пайқаш мумкин;

б) попук разряд кўпинча ўткир уч билан текислик ўртасида потенциаллар фарқи маълум қийматга етганда ҳосил

булади. Бундай разрядлар табиатда ҳам, кўпинча тоғларда учрайди ва Эльма чироқлари деб аталади. Улар атмосферанинг пастки қатламларида электростатик кучланишнинг катта қийматларга эришишидан юзага келади, баланд нарсаларнинг учларида, масалан, мачталарнинг учида, дарахтларнинг учларида ҳаво ранг тусдаги нурланиш шаклида кўрилади. Кавказда Эльма чироқларини рус альпинисти Пастухов 1897 йилда кузатган.

У бундай деб ёзган: «теварак-атроф гуё олов босгандек эди. Ҳамроҳларимнинг қош, киприк, сочлари нур сочаётгандек, эгниларидаги тери тўнлари ёлқинланар эди».

Эльма чироқлари асосан ёзда момақалдироқ ва жала вақтида, қишда эса бўрон вақтида кузатилади;

в) электродлар атрофида нур чиқарадиган разряд унинг қуёш тожига ўхшаб кетганлиги туфайли тож разряд деб аталади. Тож ҳосил бўлишида разряд бир электрод яқинида ҳосил булади-ю, бироқ иккинчи электродга етиб бора олмайди. Тож разряд юксак кучланишли симлар яқинида ҳосил булади. Юксак кучланишли линияларда юз берган тож разряд энергиянинг исрофланишига сабаб булади.

Тож разряд техниканинг турли соҳаларида фойдали мақсадда, масалан, ўтхонадан чиқадиган газларни тозалаш учун ишлатилади. Тож разряд вақтида газ ионлари ўз зарядларини газларга аралашган чанг ва бошқа зарраларга беради. Бунинг натижасида бу заррачалар тож разряд ҳосил қилаётган электродлардан итарилади ва ерга уланган предметларга тортилиб, уларнинг юзига ўтириб қолади.

Турли электр сепараторлар, филтрлар, масалан, ўтхонадан чиқадиган газларни тозалайдиган филтр мана шу принципга асосланиб ишлайди. Бу филтр тўсиқлар билан бўлинган металл камерадан иборат бўлиб, у ерга уланган ва тўсиқлар орасига изоляцияланган симлар тортилган. Камера деворлари билан симлар орасида юксак кучланиш ҳосил қилинади ва шу туфайли симлар атрофида тож разряд юзага келади. Чанг, қурум ва шлак зарралари электрланади ва симлардан итарилиб, камеранинг металл деворларига тортилади ва уларга ўтириб қолади, сўнгра махсус приёмникларга тушади. Тозаланган бу газлар мўридан чиқиб кетади. Электр филтрлари ёрдамида шаҳар ва посёлканинг ҳавосини ифлосланишдан сақлаш мумкин.

Москва ва Киев, шунингдек, ер ости йўллари қурилган бошқа шаҳарларда ер ости йўлларидаги ҳавони чангдан тозалаш учун ҳам тож разряди ишлатилади.

2. Учқунли разряд. Бу разряд (конденсаторнинг пластинкалари ўртасида, индукцион ғалтак чулғамларининг учлари ўртасида учқун тарзида бўлади. Бу разряд электрмайдонининг икки нуқтаси орасида кучланиш жуда катта бўлганида, газнинг зарб билан ионлашиши юзага келганда қисқа муддатли учқун тарзида юзага келади. Энг улкан учқунли разряд—яшиндир. Яшин булутлар орасида ёки булутлар билан Ер орасида потенциаллар фарқи жуда катта бўлганидан ҳосил бўлади. Яшиннинг узунлиги 50 км дан ортиши, ундаги токнинг кучи 20 000 А гача етиши мумкин. Ҳисобларга қараганда, яшиннинг бошланиш жойи билан охири орасидаги потенциаллар фарқи 150 млн. В дан ортиқ бўлар экан. Яшин каналининг қалинлиги 0,5 м чамасида бўлиб, яшин 0,001 дан 0,2 секундгача давом этиши мумкин. Яшин ва момақалди роқ қадимдан кишиларни ҳайратда қолдириб келар эди.

Барча даврларда ҳукмрон бўлган динлар бу ҳодисалардан инсонни ваҳимага солувчи афсоналар яратиш учун фойдаланиб келган. М. В. Ломоносов ва Г. В. Рихман, шунингдек, америкалик олим Франклин XVIII асрнинг ўрталарида яшиннинг сирларини топди ва жуда жасурлик билан қилинган тажрибалар асосида бу ҳодисаларнинг моҳияти электрда эканини аниқлади. Улар яшин ва момақалди роқ ўз моҳияти жиҳатидан электрланган шиша шарлардан чиқадиган учқун ва унда эшитиладиган чирсиллашдан фарқ қилмаслигини исбот қилиб берди.

Шу йилларда М. В. Ломоносов атмосферада электр юзага келишининг назариясини ишлаб чиқди. Бундай электрнинг пайдо бўлишига бир текис қизимаган ҳавонинг юқорига кўтарилувчи ва пастга тушувчи оқимлари сабаб бўлади деб кўрсатди. Улкан ҳаво массаларининг бундай ҳаракатидан сув буғларининг зарралари ишқаланиб электрланади.

Г. В. Рихман атмосферадаги электрни ўрганиш юзасидан кўплаб экспериментал ишлар олиб борди.

Яшинни кузатишларидан бирида 1753 йилда Рихман шар шаклидаги яшин уришидан ҳалок бўлди.

Яшинни ўрганувчи олимларга қарши черковнинг хуружи учун Рихманнинг ўлими баҳона бўлди. Улар олимнинг ўлимини бадхоҳ тантана билан кутиб олиб, уни «қилмишларига яраша худонинг қаҳрига учради», деб талқин қилдилар.

Ломоносов атмосферадаги электрни ўрганишга доир таж-

рибаларини тўхтатмади, илмий тафаккурнинг черков хуруфатининг жоҳиллиги ва жаҳолатига карши курашини зўрайтирди.

XIX асрнинг охирида рус олими Н. А. Гезехус (1844—1919) шар шаклидаги яшинни лаборатория шароитида ўрганиб, бу яшиннинг электр разрядлари таъсирида ёнувчи азотдан иборат эканини аниқлади. Яшин разрядларининг вайрон қилувчи таъсири жуда катта. Разряд яшин ўтадиган ҳаво устунини қиздириб, уни бир зумда кенгайтириб юборади ва атрофдаги мўри, черепицали том ва бошқа нарсаларни вайрон қилади.

Учқунли разряд чуқур ўрганилгандан кейин ундан ишлаб чиқаришда қаттиқ қотишмаларга ишлов беришда фойдаланила бошланди.

Совет инженерлари Б. Р. Лазаренко ва Н. И. Лазаренко металлларга ишлов беришнинг электр учқунли усулини топдилар. Бу усул учқундан кескич ва парма сифатида фойдаланишга имкон беради.

Энг қаттиқ қотишмаларга, ҳатто олмосга ҳам электр учқунлари ёрдамида ҳар қандай ишлов бериш мумкин. Ишлов бериладиган буюм мойга ёки керосинга ботирилади ва ўзгармас ток манбаининг мусбат қутбига уланади. Манбанинг манфий қутби электродга уланади, металлда тешиладиган тешик ёки ўйиладиган чуқурчанинг шакли бу электроднинг шаклига боғлиқ бўлади. Учқунли разрядлар ишлов берилётган буюм кристалларини эритади ва ҳатто бугга айлантиради, улар буюмдан ажралиб мой ичида қолиб кетади, манфий электродга етиб боролмайди. Бу усулнинг механик ишлов беришга караганда қатор афзал томонлари бор.

3. Электр ёйи. Агар электродлар бир-бирига жуда яқин турган бўлса, улар орасида шундай разряд бошланадики, бунда электродлар қизийди ва улар орасидаги фазо электродлар моддасининг чўғланган газлари ва буғларига тўлади. Электр ёйи ҳосил бўлади (115-расм). Электр ёйини 1802 йилда рус олими В. В. Петров кашф қилган бўлиб, бу ёй ҳозирги вақтда Петров ёйи деб аталади. Учқундан фарқли равишда Петров ёйи узлуксиз давом этадиган разряддир. Тажрибалар бундай разряднинг унча катта бўлмаган (одатда 40 В гача) кучланишда юз беришини, бироқ ток кучи жуда катта (3000 А гача) бўлишини кўрсатади.

Бу разрядда манфий электроддан чиқаётган электронлар оқими етакчи роль ўйнаши маълум бўлди. Буни совет олими В. Ф. Миткевич исбот қилди.

Электр ёйи ҳосил қилиш учун кўмир электродлар иш-латилади, уларнинг учлари бир-бирига туғрилаб қўйилади. Электродларга 35—40 В кучланиш бериб, улар бир-бирига тегизилади. Электродларнинг бир-бирига тегиб турган жойидан кучи катта ток ўтади, бу ерда қаршилиқ энг катта бўлгани учун, бу ерда энг кўп миқдорда иссиқлик чиқади ва кўмирларнинг учлари тез вақт ичида оппоқ бўлиб чуғ-



115- расм.



116- расм.

ланади. Электродларни бир-биридан салгина ажратиб, токнинг электродларнинг учи орасида чуғланган ҳаво орқали нур сочувчи ёй тарзида ўтаётганини кўрамиз. Ёй ёнганида манфий электрод ўткирланади, мусбат электроднинг учи эса чуқур тушади (кратер ҳосил бўлади). Мусбат кўмирнинг температураси 3900°C гача етади, манфий кўмирнинг температураси эса 2500°C га етади. Электр ёйи прожекторларда, кинопроекция аппаратларида, маякларда кучли ёруғлик манбаи сифатида қўлланилади. Ёй температурасининг юқори бўлиши ундан электр металлургиясида электр билан пайванд қилишда фойдаланишга имкон берди.

Ёй лампаси. Электр ёйи билан ёритишга доир биринчи тажрибаларни 1844 йилда Б. С. Якоби ўтказди.

Ёйга 185 элементдан иборат гальваник батареядан ток берилди. Бу қурилманинг қатор камчиликлари бор эди, лекин у шу соҳадаги изланишларга туртки бўлди.

Ижодий изланишлар натижасида В. Н. Чикалев 1874 йилда ёй лампасининг юқори сифатли электромагнитик регуляторини яратди (у дифференциал регулятор деб аталган).

Чикалев регулятори ҳозирги вақтда қувватли прожекторларда кўмир электродларнинг ёнган сари автоматик равишда яқинлашишини таъминлаш учун ишлатилади.

Регуляторсиз ёна оладиган ёй лампасининг ажойиб конструкциясини 1876 йилда рус ихтирочиси П. Н. Яблочков яратди. Бу лампалар Яблочков «шамлари» номи билан шуҳрат қозонди.

Яблочков «шамлари» икки кўмир стержендан иборат бўлиб, бу стерженлар вертикал жойлаштирилган ва улар бир-биридан оловга чидамли материаллар (каолин, оҳак, магнезий ва ҳоказо) билан ажратилган (116-расм). Кўмирларнинг учлари запал (ўт олдиргич) бўлиб хизмат қилувчи графит кўприкча билан уланган, кўприкча ёниб бўлгандан сўнг параллел кўмир электродлар орасида электр ёйи ҳосил бўлади.

Кўмирлар текис ёниши учун ўзгарувчан ток ишлатилади. Кўмирлар ёна боргани сари изоляцияловчи модда бугланиб кетади.

Яблочков ихтироси ўзгарувчан тоқлар электротехникасининг ривожланиши учун катта аҳамиятга эга бўлди.

Электр билан пайванд қилиш. 1882 йилда рус инженери Н. Н. Бенардос электр ёйини металл конструкцияларни пайванд қилишга татбиқ этди. Бенардос усули бўйича ёй билан пайванд қилишда кўмир электродлар ишлатилади. Металл буюм билан кўмир электрод орасида пайдо бўлган ёй металлнинг бирор миқдорини эритади ва металл бўлақларни бир бутун қилиб пайванд қилар эди.

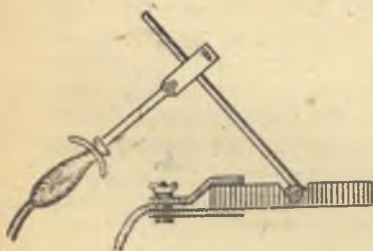
Бу усулнинг бир қатор камчиликлари бор эди:

1) кўмир электроддан углерод қўшилгани учун чок жузда мўрт бўлиб чиқар эди;

2) ёй температураси жуда баланд бўлгани учун металл «куйиб» кетар ва чок узоққа чидамас эди.

1889 йилда рус инженери Н. Г. Славянов ёй билан пайванд қилишда металл электрод ишлатиш усулини тавсия этди, бунинг учун электрод ҳам ишлов берилаётган буюмнинг металидан ясалган бўлиши керак эди (117-расм).

Бу усулнинг бир қатор афзал томонлари бор эди:



117-расм.

1) кўмир электрод ўрнига металл электрод ишлатилган-
да ёйнинг температураси анча пасаяди ва чок куйиб кет-
майди, шунинг учун чок чидамлироқ бўлади;

2) таркибида углерод бўлмагани учун чок мўрт бўл-
майди.

Ёй билан пайванд қилишдан ташқари техникада кон-
тактли пайванд деб аталувчи пайвандлаш усули ҳам иш-
латилади. Бу усулда пайванд қилинадиган қисмлар бир-би-
рига сиқилади ва электродлар сифатида ишлатилади. Улар-
нинг бир-бирига тегиб турган жойларида энг катта қарши-
лик юзага келади ва ток катта бўлганда бу жойларда кўп
иссиқлик ажралади, бу иссиқлик таъсирида металл юшмай-
ди ва сиқувчи куч таъсирида пайвандланиб қолади.

Ҳозирги вақтда электр билан пайванд қилиш усули ме-
талл ишлаш саноатида кенг қўлланилади. Электр билан
пайванд қилиш усули парчинлаб бириктиришни бутунлай
сиқиб чиқарди ва техниканинг турли соҳаларида, масалан,
симлар, рельслар, кўприк фермалари, чўян трубалар, цис-
терналар, завод тўсинлари ва бошқа нарсаларни пайванд-
лашда кенг ўрин эгаллади. Ремонт ишларида, масалан,
ёриқларни тулдириш, шестерняларнинг синган тишларини
тиклаш, машиналарнинг синган деталларини бириктириш
ва шунга ўхшаш ишларда электр билан пайванд қилиш
ниҳоятда катта аҳамият касб этмоқда. Бундай пайванд на-
тижасида машиналарнинг ейилган ёки синган қисмларини
тиклаш мумкин бўлмоқдаки, агар электр билан пайванд
қилиш усули топилмаганда бу қисмларни темир-терсак ую-
мига ташлашдан бошқа илож қолмас эди. Электр билан
пайвандланган бирикмаларнинг парчинланган бирикмалар-
дан афзаллиги шундаки, бунда материал тежаллади, кон-
струкциялар енгиллашади, турли-туман профиллардан фой-
даланиш натижасида конструкциянинг умумий кўриниши
содалашади, улар тезроқ тайёрланади, таннархи арзонлаша-
ди, шубҳасиз, мустаҳкам бўлади.

Кейинги йилларда бизнинг мамлакатимизда совет оли-
ми, УССР Фанлар академиясининг ҳақиқий аъзоси, Социа-
листик Меҳнат Қаҳрамони Е. С. Патон тезкор автоматик
электр пайванди методини назарий жиҳатдан ишлаб чиқди
ва ишлаб чиқаришга жорий этди.

Сув остида электр билан пайванд қилиш ва металлларни
қесиш методини совет академиги К. К. Хренов ишлаб чиқ-
қан эди. Бу усул денгизларда кемаларни докларга олиб бо-
риб утирмай, шикастланган жойнинг ўзида ремонт қилиш,

кессонларни қўлламаган ҳолда металл конструкцияларни сув остида кесишга ва пайванд қилишга имкон берди.

Ёй печлари. Рус ихтирочиси А. Н. Лодигин металл эритадиган ёй печларининг бир неча хилларини ишлаб чиқди. Печь оловга чидамли материалдан (шамот ёки магнетдан) ишланади, электр ёйи ҳосил қиладиган кўмир стерженлар тешикдан қўйилади. Бундай печь ичида температура 4000°C га етади, қийин эрийдиган ҳамма элементлар эриши мумкин, фақат углерод эрмайди, у қаттиқ ҳолатдан бевосита бугга айланади. Бундай печлар илмий тадқиқотлар, шунингдек, техника учун жуда катта аҳамиятга эга. Бундай печларда кўп миқдорда платина, хром, молибден, вольфрам, ванадий олинади. Электр ёйи берадиган температураларда кўпгина металллар углерод билан химиявий реакцияга киришиб, карбидлар деб аталадиган бирикмалар ҳосил қилар экан. Ана шу йўл билан карборунд, яъни кремний карбиди (углерод билан кремний бирикмаси), кальций карбиди — углерод билан кальций бирикмаси, азот оксидлари, улардан эса нитрат кислота ва унинг тузлари олинди.

Металл эритишда саноатда ишлатиладиган ёй печларининг ф. и. к. 78% га боради ва олинадиган қуйманинг ҳар тоннасига 700 кВт·соат га яқин энергия сарфлайди.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

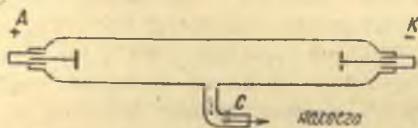
1. Газнинг ионлашиши нима-ю, газда ионларнинг рекомбинацияси нима?
2. Газни ионлашнинг қандай усуллари бор?
3. Тўйиниш токи нима ва унга нима сабаб бўлади?
4. Атмосфера босими шароитида ҳавода қандай тур разрядлар бўлади ва улар қандай шароитларда юзага келади?
5. Сокин разряд, учкунли разряд ва ёй разряди қаерларда ишлатилади?

84- §.

Сийракланган газларда бўладиган разряд

Сийракланган газларда бўладиган разрядни қуйидаги тажрибада кузатиш мумкин. Икки учига кичик металл пластинкалар кўринишида А ва К электродлар пайвандланган узун шиша най оламиз (118-расм) ва бу электродларни юксак кучланиш манбаига, масалан, электрофор машина ёки индукцион ғалтакка улаймиз. Турли босим ша-

роитидаги электр разрядни кузатиш мумкин бўлиши учун найнинг ёнидан яхши вакуум насосга бориб уланган С тармоқ чиқарилган. Най ичида атмосфера босимидаги ҳаво бўлган вақтда биз найда ҳеч қандай махсус ҳодисаларни кўрмаймиз. Бунга сабаб шуки, эркин электронлар ва зарб билан ионлашиш туфайли ҳосил бўлган ионлар сони (ҳозирча электронларнинг эркин югуриш йўли қисқа бўлгани учун) оз бўлганидан хаво ҳали ток ўтказмайди.



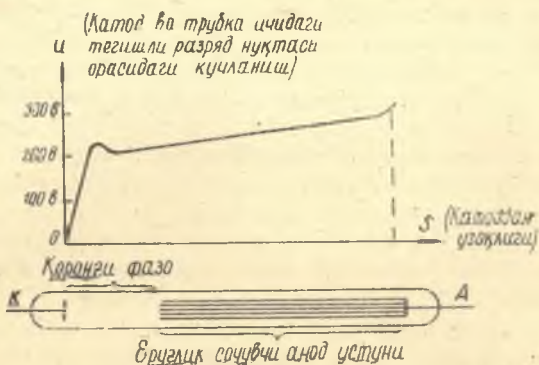
118- расм.

Кучланишни ўзгартирмай туриб найдан ҳавони сўриб ола бошлаймиз ва бунда найда ингичка пушти-бинафша рангли илон изи кўринишида разрядни кўрамиз. Газни 1—3 мм сим. уст. гача сийраклаганимизда катод олдида нур чиқарувчи қисқа ҳаво ранг устунча ҳосил бўлади, ундан кейин эса қоронғи фазо, унинг ортидан анодгача чўзилиб ётган пушти ранг узун устунча кўринади. Газни 0,1 мм сим. уст. гача сийраклантирганимизда қоронғи фазонинг катталиги иккала томонга қараб сезиларли ортади ва 0,001 мм сим. уст. гача сийраклантирганимизда газ нур сочмай қўяди. Разряднинг бу шакли милтиллама разряд дейилади.

Милтиллама разрядда бўладиган процессларни билиш учун олимлар най ичига киритилган зонддан фойдаланиб, катод ва разряднинг турли нуқталари орасидаги потенциаллар фарқини ўлчаганлар.

Агар катод потенциали шартли равишда нолга тенг деб қабул қилинса, милтиллама разрядда потенциалнинг най ўқи бўйлаб тақсимланиши 119-расмдаги ўзига хос эгри чизик билан тасвирланади.

Аноддан узоқлашилган сари потенциалнинг секин камайиши ва катод яқинида, қоронғи фазо соҳасида кескин камайиши графикдан кўриниб турибди. Потенциалнинг бундай кескин камайиши потенциалнинг катод яқинидаги пасайиши дейилади.



119- расм.

Потенциалнинг бу пасайиши газнинг табиатига, унинг босимига ва катоднинг моддасига боғлиқ ҳолда 100—300 В га етиши мумкин.

Милтиллама разрядда нима руй беради? Газда ҳамма вақт ҳам бир оз миқдор эркин электронлар бўлади. Найда электр майдони ҳосил қилинган ва газ сийракланган, эркин электронлар катоддан итарилиб, анодга қараб интилади. Потенциалнинг катод яқинидаги пасайиш соҳасидан ўтган электронлар (бу соҳада майдон кучланганлиги кескин ортиб кетгани ва катта қийматларга эришгани учун) анчагина катта кинетик энергия олади, электронларнинг бундай кинетик энергия олишига газнинг етарлича сийракланишида улар эркин югуриш йўлининг ортиши ҳам ёрдам беради.

Электронлар кинетик энергиясининг катталиги маълум қийматларга етмагунча электронларнинг газ молекулалари билан тўқнашиши молекулаларни ионлаштиришга сабаб бўлмайди.

Шу сабабли найда қоронғи фаза соҳаси бўлади. Бу соҳадан кейинда электронлар газ молекулалари билан тўқнашганда молекулаларни ионлаштиради, молекулаларнинг ионланиши натижасида газ ўтказувчан бўлиб қолиб, нурлана бошлайди.

Молекулага тўқнашганида электрон энергиясининг бир қисми молекулага ўтиши мумкин ва бунда молекуланинг

ички энергияси ортади. Бундай молекула «уйғонган» молекула деб аталади. Бу ҳолда электрон молекуладан уриб чиқарилади ва молекуланинг ўзи мусбат ион бўлиб қолади.

Агар электроннинг кинетик энергияси молекуладан электронни уриб чиқариш учун етарли бўлмаса, электрон молекула билан тўқнашганда молекулага қўшилиб қолиши мумкин ва бунда молекула манфий ион бўлиб қолади. Мусбат ва манфий ионлар тўқнашганда қўшилиши ва бунинг натижасида нейтрал молекулалар ҳосил бўлиши мумкин, бу процесс рекомбинация деб аталади.

Мусбат ионга электрон қўшилганда ҳам рекомбинация бўлиши мумкин. Молекулаларнинг «уйғонган» ҳолатдан нормал ҳолатга ўтишида, шунингдек рекомбинацияланишида кўпинча кўзга кўринувчи ёруғлик тарзида энергия чиқиши мумкин, шунинг учун милтиллама разрядда газ ёруғлик чиқаради.

Газ 0,001 мм сим. уст. гача сийракланганда нур чиқармай қўяди. Чунки электронлар ўз йўлида молекулаларга кам тўқнашади.

Найни турли газлар билан тўлдириб, нурланишининг ранги ўзгаришини кузатиш мумкин. Масалан, неон қизил бўлиб, аргон кўк бўлиб нурланади ва ҳоказо. Бу ҳол газнинг нурланиш ранги унинг табиатига боғлиқ бўлишини кўрсатади. Газлардан ток ўтганда уларнинг нурланиши ёруғлик техникасида газ-ёруғлик лампалари ва найлари сифатида қўлланилади.

Газ-ёруғлик найлари декорация мақсадларида, магазин витриналарини ёритишда, рекламаларда ва бошқа мақсадларда ишлатилади. СССР да С. И. Вавилов раҳбарлигида кундузги ёруғликдан кам фарқ қилувчи ёруғлик берадиган газ-ёруғлик лампалари ишлаб чиқилган. Кундузги ёруғлик лампаларининг деворларига махсус моддалар (люминофорлар) юритилган, газдаги электр разряд вақтида чиқадиغان кўзга кўринмас нурлар таъсирида бу моддалар кўзга кўринадиган нурлар чиқаради.

Газ-ёруғлик лампалари ва найлари чўлланма лампалардан анча тежамли, чунки уларда электр энергияси бевосита ёруғликка айланади ва шунинг учун уларнинг ф. и. к. анча юқори. Техникада неонли газ-ёруғлик лампалари кенг тарқалган, улар сигнал аппаратларида ва бошқа қурилмаларда ишлатилади.

Табиатда сийракланган газларда бўладиган разрядлар кутб ёғдулари кўринишида кузатилади, улар ўша вақтдаёқ

Ўзининг ажойиб ва ғаройиблиги билан М. В. Ломоносовнинг диққатини ўзига қаратган эди (120-расм).

Қуёшнинг чуғланган сирти кўплаб электронлар чиқаради, бу электронлар Ерга келатуриб унинг магнит майдонига тушиб қолиб, Ернинг географик қутбларига яқин жойлашган магнит қутбларига қараб йўналади. Атмосферанинг сийрақланган юқориги қатламларида 100 км дан зиёд баландликда электронлар газларнинг молекулаларини ионлаштиради ва уларнинг нур чиқаришига сабаб бўлади, бу ҳодиса қутб ёғдуси деб аталади.



120. расм.

85- §.

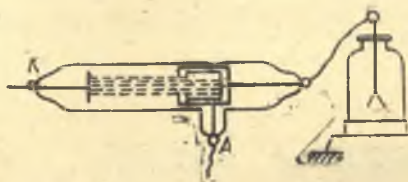
Катод нурлари, уларнинг табиати ва хоссалари

Сийрақланган газларда юз берадиган электр разряди ҳодисаси аввалдан олимларнинг диққатини ўзига жалб қилиб келган. 1880 йилда Крукс тадқиқотлар ўтказишда найдаги сийрақланиш бир атмосферанинг миллиондан бир улушига тенг бўлганда газ мутлақо нур чиқармай қўйишини элиқлади. Бунда найнинг катодга қарама-қарши турган қисмидаги шиша яшил ёруғлик соча бошлайди.

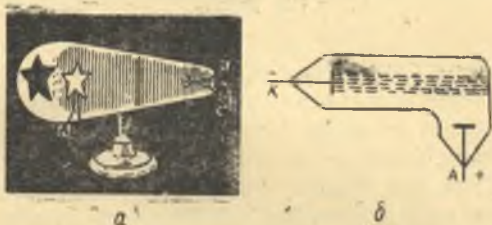
Ҳодиса шундай борадики, гуё катоддан кўзга кўринмас нурлар чиқаётгандек бўлади, ана шу нурлар катод нурлари деб аталган.

Ҳозирги вақтда катод нурлари катоддан чиқаётган электронлар оқими эканлиги исбот этилган. Бу факт қатор тажрибалар билан тасдиқланган.

1. 1895 йилда олим Перрен катод нурларини Крукс найининг ичига жойлаштирилган цилиндр ичига туширди. Цилиндр электроскопга уланганда электроскоп манфий зарядланган (121- расм).



121- расм.



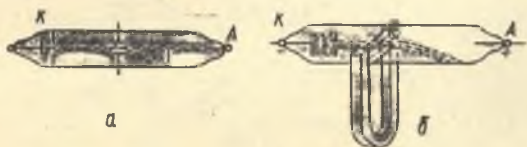
122- расм.

2. Манфий электрланган жисм катод нурларини итаради, мусбат электрланган жисм эса уларни тортади. Буни найдаги нур сочаётган доғнинг электрланган жисм таъсирида силжишидан ҳам билиш мумкин (найнинг нурлар тусаётган жойи ёруғлик сочади).

Бошқа қатор тажрибалар катод нурларининг қуйидаги хоссаларини аниқлашга имкон берди: катод нурлари кўзга кўринмайди; баъзи моддаларни совуқ ҳолатда нурлантиради; ёруғлик ўтказмайдиган жисмлардан ўта олмайди; тўғри чизик бўйлаб (адил) тарқалади (уларнинг бу хоссаси нурлар йўлида турган жисмнинг най тубига тушираётган соясидан фойдаланиб исбот қилинади 122-а расм); аноднинг қандай жойлашишидан қатъи назар, бу нурлар катод сиртига перпендикуляр равишда йўналади (122-б расм); иссиқлик хоссаларига эга (ботиқ катоднинг фокусига жойлаштирилган платина булагии эриб кетади); газларни ионлантиради; электр майдони таъсирида дастлабки йўналишидан оғади (123-а

расм); магнит майдони таъсирида дастлабки йўналишидан оғади (123-б расм).

Буларнинг ҳаммаси катод нурларининг кучли сийракланган газда катоддан учиб чиққан электронлар оқими эканини билдиради. Бу электронлар найда қолган оз миқдордаги газдаги мусбат ионларнинг катодга урилиши натижасида уриб чиқарилади.



123- расм.

Бу ҳодисани батафсилроқ кўриб чиқайлик. Найдаги газ жуда кучли сийракланганда ҳам ҳар ҳолда етарли миқдорда газ молекулалари ва эркин электронлар қолади.

Милтиллама разрядда катод яқинида потенциал пасайиши бизга маълум. Эркин электронлар катоддан итарилиб, потенциалнинг катод яқинида пасайиш соҳасида катта тезланиш олади ва газ кучли сийракланган бўлгани учун эркин югуриш йўли узоқ бўлгани ҳолда, 10^{10} см/с тартибдаги улкан тезликларга эришади. Газнинг баъзи молекулалари билан тўқнаш келиб, бу электронлар молекулаларни ионлаштиради. Мусбат ионлар аноддан итарилиб, катодга қараб ҳаракатланади ва потенциалнинг катод яқинида пасайиш соҳасига етиб, 10^7 см/с тартибдаги катта тезликларга эришади.

Катодни бомбардимон қилиб, бу мусбат ионлар катод сиртидан электронларни уриб чиқаради. Бу электронлар потенциалнинг катод яқинида пасайиш соҳасидаги кучли майдондан ўтгандан кейин катта тезликларга эришади ва ўз йўлида газ молекулалари билан тўқнашиб янги мусбат ионлар ва эркин электронлар ҳосил қилади. Бунинг натижасида маълум бир кучланишда электронлар оқими қарор топади, бу оқим катоддан унинг сиртига перпендикуляр йўналишда чиқади ва катод нурлари деб аталади.

Келгуси тадқиқотлар шуни кўрсатдики, катодни бомбардимон қилувчи мусбат ионлар катод сиртидан фақат электронлар эмас, балки металлнинг нейтрал атомларини

ҳам уриб чиқарар экан, бунинг натижасида катоднинг метали тўзғийди. Висмут, сурьма, қўрғошин, кадмий, кумуш, олтиндан ясалган катодлар жуда кучли тўзғир экан. Бунинг эски катод найларининг деворларига ёпишиб қолган металл гардидан ҳам билиш мумкин. Катодга урилаётган ионларнинг массалари қанча катта ва токнинг зичлиги қанча катта бўлса, катоддаги тўзғиш ҳам шунча кучли бўлади. Алюминий, вольфрам, платина, мисдан қилинган катодлар кам тўзғийди. Катоднинг тўзғиши техникада шишада, слюдада ва бошқаларда юпқа металл пардаларини ҳосил қилиш учун, масалан, фотоэлементлар, радио лампалари, оптик асбоблар тайёрлашда ана шу сиртларга юпқа металл қатлами қоплашда қўлланилади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Сийракланган газларда электр разряди қандай юз беради?
2. Сийракланган газларда бўладиган разрядлар қаерларда ишлатилади?
3. Катод нурларининг қандай хоссалари бор?
4. Катод нурларининг табиати қандай?

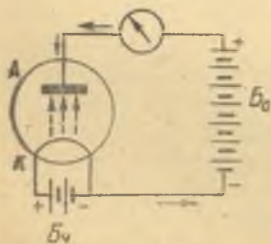
86- §.

Термоэлектрон эмиссия

Катод нурларини урганишда уларнинг газнинг мусбат ионлари катоддан уриб чиқарган электронлар оқими эканлигини аниқладик. Агар найда газ жуда сийраклантирилса, найнинг электродларига ҳар қандай кучланиш бермайлик, барибир катод нурларининг чиқиши тўхтайдди. Бунга сабаб шуки, найда сийракланиш жуда катта бўлганда унда газ бўлмайди деса бўлади. Катод моддасидан кучли электр майдони ёрдамида электронлар уриб чиқариш йўли билан катод нурлари ҳосил қилиш мумкин бўлур эди. Бироқ бунинг учун керак бўладиган кучланиш катталиги 1 см га бир неча миллион вольт тартибида бўлиши керак. Бундан вакуумда катод совуқ ҳолда бўлганида катод нурлари ҳосил қилиш нақадар қийин эканлиги равшан. Бироқ вакуум найда катодни чўғлантирганимиз ҳамон арзимаган кучланишда ҳам катод нурларининг кучли оқимини ҳосил қиламиз. Бу ҳолда катод моддасидан электронлар эркин электронларнинг иссиқлик ҳаракати туфайли чиқарилади. Чўғланган жисмнинг электронлар чиқариш процесси термоэлектрон эмиссия дейилади.

Найнинг электродларига берилган кучланишнинг катталиги катод моддасидан ҳар секундда чиқаётган электронлар сонига таъсир қилмайди. Бу электронлар сони температурага боғлиқ бўлади. Катоднинг температураси қанча баланд бўлса, унинг сиртидан шунча кўп электрон учиб чиқади. Агар электр майдони бўлмаса, катоддан учиб чиққан электронлар металлнинг мусбат ионлари томонидан тортилиш туфайли қайтадан катодга тушади, бироқ уларнинг ўрнига бошқалари учиб чиқади ва чўғланган катод сирти яқинидаги фазода ўзига хос электронлар булути ҳосил бўлади. Электронлар булутининг ҳосил бўлиши суyoқликнинг буғланишини эслатади. Шундай қилиб, электронлар булути манфий фазовий заряддан иборат. Найнинг электродларига берилган кучланиш таъсирида электронлар катоддан анодга қараб ҳаракатга келади. Баъзи аралашмалар катоднинг электрон эмиссияси катталигига кучли таъсир кўрсатади. Вольфрамга озгина торий аралаштирганда (1—2%) унинг эмиссияси тоза вольфрам берадиган эмиссияга қараганда бир неча минг марта кўп бўлади. Баъзи металлларнинг оксидлари аралашганда ҳам эмиссия худди шунча ортиб кетади. Торий ёки оксид аралаштирилган вольфрам электрон эмиссияси ҳодисасига асосланган кўплаб асбобларда, масалан, электрон лампалар (радиолампалар) ва рентген трубкаларида кенг қўлланилади.

Чўғланган толанинг электронлар ажратиши 1883 йилда шундай бир тажриба вақтида аниқланган: кўмир стерженли лампанинг ҳавоси яхши сўриб олинган шипша баллонига (124- расм) металл *A* пластинка кавшарланган эди. Бу пластинка *B_a* батареянинг мусбат қутбига, лампанинг толаси эса ўша батареянинг манфий қутбига уланди. Занжирга уланди гальванометр ёрдамида занжирда ток пайдо бўлганлигини билиш мумкин эди. Тола чўғланмагунга қалар занжирда ҳеч қандай ток бўлмаган,



124- расм.

бинобарин, лампа электродларида кучланиш кичик бўлганда сийракланган фазо ток ўтказмайдиган бўлган. *K* тола чўғланганда гальванометрнинг стрелкаси оғган, демак, ҳавосиз фазо билан ажратилган занжирда ток пайдо бўлган. Бу ҳодисанинг сабаби узoқ вақт аниқ бўлмай келиб, кейинчаликки топилди.

А пластинка мусбат зарядланган бўлгани учун чуғланган толадан учиб чиққан электронларни ўзига тортади. Электронларнинг бундай ҳаракати чизмада пунктир стрелкалар билан кўрсатилган. Занжирда бу ток B_a анод батареясининг ишлаши ҳисобига ўтиб туради.

Агар B_a батареянинг манфий кутби A анодга, мусбат кутби K катодга уланса, гальванометр занжирда ток кўрсатмайди. Бунга сабаб шуки, A анод манфий зарядланган бўлгани учун чуғланган толадан чиқаётган электронларни ўзига тортмайди, аксинча уларни итаради. Бундан шундай хулоса келиб чиқадики, бундай лампа токни фақат бир йўналишда: катоддан анодга томон йўналишдагина ўтказар экан. Шундай қилиб, агар A анод ва K катод ўзгарувчан ток манбаига уланса, фақат A анод мусбат потенциалга эга бўлган вақтдагина лампадан ток ўтар экан.

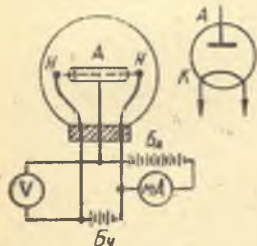
Бундай лампа ўзгарувчан токни ўзгармас токка айлантиради, яъни тўғрилагич бўлиб ишлайди, деб хулоса қиламиз.

87- §.

Икки электродли электрон лампа (диод)

Ҳозирги замон электрон лампаси ичидан ҳаво деярли мутлақ сўриб олинган шиша ёки металл баллондан иборат. Лампанинг тўғри ишлаши ва кўпга чидаши учун ҳавонинг мутлақо сўриб олинган бўлиши ниҳоятда зарурдир. Агар колбада кўп газ қолганда эди, у ҳолда унинг молекулалари ионлашиб толага тушар ва ўз энергиясини берар эди. Бунинг натижасида толанинг ўта қизиши ва куйиб кетиши, лампанинг тездан ишдан чиқиши мумкин эди. Бунинг устига, газнинг ионлашиши лампанинг тўғри ишлатилишини бузар ва радиоаппаратуранинг созланиши ва ростланишини қийинлаштирган бўлар эди. Замонавий лампаларда 10^{-9} мм сим. уст. гача сийраклантирилади. Баллон ичида қийин эрийдиган металлдан қилинган тола бўлиб, у ток билан қиздирилиб, температураси электронлар учиб чиқадиغان температурага етказилади. Тола металл цилиндр ичидан ўтказилган. Бу цилиндр ҳамма вақт батареянинг мусбат кутбига уланади ва шунинг учун анод деб аталади. Чуғланиш толаси катод бўлади. Анод ва катоди бўлган лампа икки электродли лампа деб ёки диод деб аталади (125-расм). A аноддан чикувчи уч ва Hii чуғланиш толасининг учлари

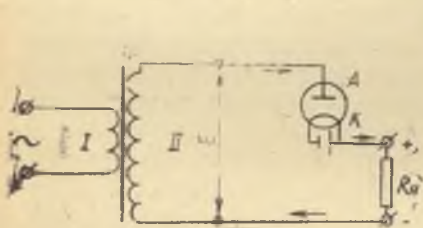
лампаининг цоколида металл оёқчаларга уланади (улар расмда кўрсатилмаган). 125- расмда ўнг томонда диоднинг шартли белгиси кўрсатилган. Ўзгарувчан токни тўғрилашда ишлатиладиган икки электродли лампалар кенотронлар дейилади. 126- расмда ўзгарувчан токни кенотрон ёрдамида тўғри-



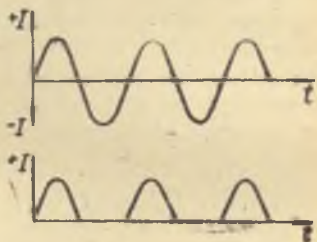
125- расм.

лашнинг принципиал схемаси берилган. Лампаининг анод занжирига Тр трансформаторнинг иккиламчи чулғами ва у билан кетма-кет равишда R_H (нагрузка) қаршилиқ уланган, бу қаршилиқ тўғриланган токни истеъмол қилади. Трансформатор иккиламчи чулғамининг учларида $\mathcal{E} = E$ ўзгарувчан э. ю. к. мавжуд. Кенотроннинг аноди галма-галдан дам мусбат, дам манфий потенциалда бўлади.

Синусоидал ўзгарувчан токнинг мусбат ярим тўлқинида кенотрон орқали ток ўтади, манфий ярим тўлқинида эса кенотрон орқали ток ўтмайди. Анод занжирида пульсланувчи ток бўлади. 127- расмда бундай тўғриланган пульсланувчи токнинг графиги (пасткиси) кўрсатилган. Қўрилган схемага мувофиқ, давр давомида ўзгарувчан токнинг фақат биргина ярим тўлқини тўғриланади, шунинг учун бундай тўғрилаш битта ярим даврли тўғрилаш дейилади.



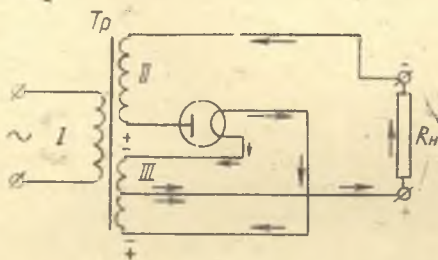
126- расм.



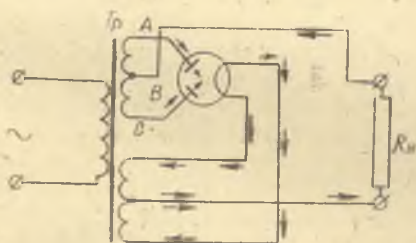
127- расм.

Ҳозирги вақтда кенотроннинг толасига батареядан олинadиган ўзгармас ток эмас, балки трансформаторнинг пасайтирувчи чулғамидан олинadиган ўзгарувчан ток берилади. Бироқ узоқ вақтгача бунга эришиш мумкин бўлмаган эди, чунки ўзгарувчан ток билан қиздириладиган тола электронларни текис чиқармас эди. Совет академиги А. А. Черни-

шев махсус тузилган катодни ихтиро қилди. Ток билан чўлантириладиган тола чинни цилиндрчанинг каналларидан ўтказилган бўлиб, бу цилиндр сиртига қизиганда электронларни осон чиқарадиган махсус модда юритилган. Тола ўзгарувчан ток билан қиздирилар, чўгланиш толасидан эса чинни цилиндрча ҳам қизир эди. Токнинг йўналиши ўзгарган пайтларда цилиндрча совишга улгурмас ва шунинг



128- рasm.



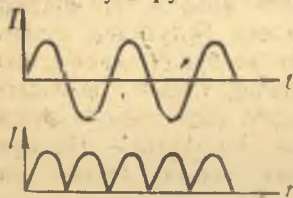
129- рasm.

учун унинг температураси ўзгармай турар эди, бинобарин, электронлар ҳам бир меъёрда чиқиб турар эди. А. А. Чернишев яратган катодлар и с и т и л м а к а т о д л а р деб аталди. Катоди ўзгарувчан ток билан қиздириладиган электрон лампа ёрдамида ўзгарувчан токни туғрилаш қурилмасининг схемаси 128- рasmда кўрсатилган. Ўзгарувчан ток T_p трансформаторнинг бирламчи I чулғамидан ўтиб, II ва III чулғамларида ўзгарувчан э. ю. к. индукциялайди. II чулғамда кенотроннинг анодига бериладиган юқори кучланиш индукцияланади. III чулғамда эса чўгланиш толасига бериладиган пасайган кучланиш индукцияланади. Токнинг техник

йўналиши чизмада стрелкалар билан кўрсатилган. Тўғрилланган токнинг плюси III чулғамнинг (яъни чуғланиш толаси чулғамининг) ўрта нуқтасидан олинади. Толанинг иккала томонида ҳам тенг анод токи ўтиши учун ўрта нуқта олинади.

Битта ярим даврли тўғрилагичнинг схемалари қуйидаги камчиликлари туфайли кенг қўлланилмай қолди: 1) ўзгарувчан токнинг фақат битта ярим тўлқини тўғриланади; 2) тўғриланган ток кескин пульсланиб туради; 3) бундай схема билан тўғрилашнинг фойдали иш коэффициенти паст.

Иккита ярим даврли схема бўйича тўғрилаш анча яхши (129- расм). Тр трансформаторнинг иккиламчи чулғами А ва В нуқталар орасидаги кучланиш В ва С нуқталар орасидаги кучланишга тенг бўладиган қилиб тенг икки қисмга бўлинган. Чулғамнинг А ва С учлари битта умумий баллоннинг ичида жойлашган икки анодга уланган (икки анодли кенотрон ичида). А нуқтада мусбат потенциал бўлганда С нуқтада манфий потенциал бўлади. Бу ҳолда анод занжирида ток А нуқтага уланган юқориги анод орқали ўтади. Иккинчи ярим даврда А ва С нуқталардаги потенциалнинг ишоралари алмашинади ва бу ҳолда анод занжирида ток С нуқтага уланган пастки анод орқали ўтади. Тула давр давомида ўзгарувчан токнинг иккала ярим тўлқини тўғриланади.



130- расм.

В нуқта тўғриланган токнинг минуси бўлади. Тўғриланган токнинг плюси чуғланиш толаси чулғамининг ўрта нуқтасидан олинади. 130- расмда тўғриланган токнинг (пасткиси) ва ўзгарувчан токнинг графиклари кўрсатилган.

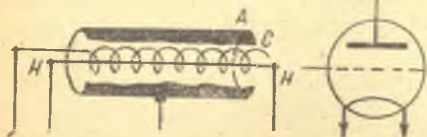
88- §.

Уч электродли лампа

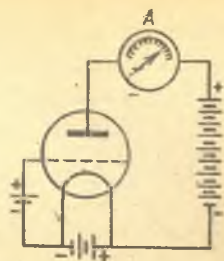
Уч электродли лампа ва унинг схематик тасвири 131- расмда кўрсатилган.

Чуғланиш толасини ўраб олган С спираль тўр дейилади. НН чуғланиш толаси катод бўлади, чуғланиш толаси билан тўрни ўраб олган А металл цилиндр эса анод бўлади.

Уч электродли лампа занжирга уланганда (132- расм) тўрда заряд бўлмаса, лампа икки электродли лампа сингари ишлайверади ва анод занжирида маълум ток кучи қарор топади.



131- расм.



132- расм.

Агар тўрга (жуда озгина потенциалгача бўлса-да) мусбат заряд берилса, занжирда анод токи кескин ортади. Чунки тўр катодга жуда яқин жойлашган ва унинг мусбат электр майдони электронлар булутидаги электронларга кучли таъсир кўрсатиб, бу электронларнинг анодга қараб ҳаракатланишига ёрдам қилади.

Агар тўрга (кичик потенциалгача бўлса-да) манфий заряд берилса, занжирда анод токи кескин камаяди. Бунга сабаб шуки, катодга яқин турган тўр ўзининг манфий электр майдони билан электронлар булутидаги электронларга кучли таъсир кўрсатади ва уларнинг анодга қараб қиладиган ҳаракатини тормозлайди.

Агар тўрнинг манфий потенциалини маълум бир миқдоргача оширсак, электронларнинг электрон булутидан анодга келишини мутлақо тўхтатиш мумкин ва бунда анод токи нолга тенг бўлади. Тўр билан чўғланиш толаси орасидаги кучланишнинг озгина ўзгаришлари ҳам анод токини кучли ўзгартириши мумкин. Бу факт шуни кўрсатадики, тўр кучланиши манбаининг қувватини озгина сарфлаш билан ҳам анод токи батареясининг кўп марта катта бўлган қувватини ҳам бошқариш мумкин. Бинобарин, уч электродли лампа тўр занжирига берилаётган ток ва кучланиш тебранишларининг кучайтиргичи сифатида қўлланилиши мумкин, бу лампа радиотехникада худди шу мақсадда ишлатилади ҳам.

89- §.

Ярим ўтказгичли тўғрилагич ва кучайтиргичлар ҳақида тушунча

Ҳозирги вақтда электротехника ва радиотехникада ярим ўтказгичлар, масалан, мис (I)-оксид, селен, кремний ва германий кенг қўлланилмоқда. Ярим ўтказгичлардан ясал-

ган тўғрилагичлар, кучайтиргичлар ва бошқа асбоблар электрон лампалар асосида ясалган худди шундай асбобларга қараганда қатор афзалликларга эга: 1) улар анча ихчам; 2) механик жиҳатдан мустаҳкамроқ; 3) ишлаши ишончлироқ; 4) хизмат муддати анча марта кўп; 5) фойдали иш коэффициенти анча катта.

1. Ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги. Ярим ўтказгичли асбобларнинг ишига тушуниб олиш учун дастлаб ярим ўтказгичли асбобларда ток ўтказувчанлик процесси қандай юз беришини аниқлаб олайлик.

Ярим ўтказгичларда электрон ўтказувчанлик ва тешикли ўтказувчанлик бўлади. Металлар электрон ўтказувчанликка эга эканини биз биламиз. Ҳар қандай металлда ҳам жисмининг бутун ҳажми бўйлаб тартибсиз кўчиб юривчи эркин электронлар бўлади. Электр майдони таъсирида эркин электронларни металлда тартибли ҳаракатга келтириш, яъни электр токи олиш мумкин.

Диэлектрикларда ҳаракатчан заряд ташувчилар деярли йўқ. Барча электронлар маълум бир атомлар билан боғланган ва уларни атомлардан ажратиб олиш учун анчагина энергия сарфлаш керак. Диэлектрик таркибига бирор аралашма қўшиш йўли билан унинг электр ўтказувчанлигини нолдан фарқли бўладиган қилиш мумкин. Ярим ўтказгичлар электр ўтказувчанлиги жиҳатидан ўтказгичлар билан диэлектриклар орасида туради. Уларда ҳам, диэлектриклардаги сингари, ҳаракатчан заряд ташувчилар йўқ. Бироқ бундай заряд ташувчиларни ҳосил қилиш, яъни диэлектрикларда сарф қилинадиган энергиядан камроқ энергия сарфлаш йўли билан электронларни узиб олиш мумкин.

Агар металлнинг температураси кўтарилса, электронларнинг концентрацияси ўзгармайди, бироқ улар кристалл панжаранинг тугунлари билан кўпроқ тўқнашгани сабабли электронларнинг ҳаракатчанлиги сусаяди. Шунинг учун температура кўтарилиши билан металлларнинг электр ўтказувчанлиги камаяди.

Яримўтказгичларда манзара бошқача бўлади. Температура кўтарилганда айрим электронлар атомдан ажралиб чиқишга етарли энергия олиб, эркин электронлар бўлиб қолади. Ярим ўтказгичнинг температураси қанча юқори бўлса, унда эркин электронлар шунча кўп бўлади. Бинобарин, ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги температура кўтарилиши билан ортади. Паст температураларда уларнинг электр ўтказувчанлиги амалда нолга тенг.

Электр майдони таъсирида яримўтказгичларда эркин электронларни тартибли ҳаракати келтириш, яъни электр токи ҳосил қилиш мумкин.

Бундай ўтказувчанлик электрон ўтказувчанлик деб аталади.

Баъзи яримўтказгичларда эркин электронлар йўқ, бироқ модданинг кристалл панжаларида атомлар билан бирга мусбат ионлар ҳам бўлади. Кристалл панжаранинг тугунда турган ҳар бир мусбат ион атомдан ўзида битта электроннинг етишмаслиги билан фарқ қилади, шунинг учун бундай тугунлар тешиклар деб аталган.

Иссиқлик ҳаракати натижасида электрон панжара атомидан қўшни тешикка сакраб ўтиши мумкин. Бунинг натижасида панжаранинг электрон кетиб қолган тугунда битта тешик ҳосил бўлади ва электрон келиб қўшилган тугундаги эски тешик йўқолади. Майдон бўлмаганда яримўтказгичда тешиклар тартибсиз ҳолда кўчиб юради.

Агар электр майдони бўлса, майдон таъсирида электронлар асосан майдонга қарама-қарши йўналишда бир тугундан бошқасига сакраб ўтади, тешиклар эса майдон йўналишида силжийди.

Яримўтказгичнинг кристалл панжараси ичида тешикларнинг тартибли кўчиши тешикли ўтказувчанлик дейилади.

Яримўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги уларнинг тозалигига чамбарчас боғлиқ бўлади. Яримўтказгичда бошқа элемент атомларининг жуда оз миқдорда бўлиши уларнинг электр ўтказувчанлигини анча ошириб юборади.

Агар соф германийга Менделеев жадвалининг V гурпаси атомлари, масалан, фосфор атомлари қўшилса, фосфор атомининг ташқи қобилигидаги тўртта электрон германийнинг тўртта қўшни атоми билан умумий боғланиш ҳосил қилади, бу боғланиш қўш электронли боғланиш ёки ковалент боғланиш деб аталади. Бунинг натижасида ташқи қобиқ саккизта электрони бўлган барқарор қобиқ бўлиб қолади. Фосфор атомининг бешинчи электрони эса гўё эркин бўлиб, ядрога бошқа электронлардан кўра заифроқ боғланган бўлиб қолади. Бу «ортиқча» электрони унга озгина энергия бериб атомдан ажратиб олиш мумкин. Иссиқлик ҳаракати таъсирида бу

электрон панжаранинг қўшни асосий атомларидан бирининг орбитасига сакраб ўта олади.

Электр майдони таъсирида ярим ўтказгичнинг эркин электронларини тартибли ҳаракатга келтириш мумкин.

Шундай қилиб, *кристалл панжарада ортиқча электронни бўлган аралашма атомининг бўлиши яримўтказгичнинг электрон ўтказувчанлигини вужудга келтиради.*

Электрон ўтказувчанликка эга бўлган яримўтказгичлар n типдаги яримўтказгичлар деб аталади (negative — манфий деган сўздан олинган).

Электронларини осон берадиган аралашмалар донорлар дейилади. Соф германийга сурьма қўшилганда ҳам электрон ўтказувчанликка эга бўлган яримўтказгич оламиз. Бунинг сабаби қуйидагича. Германий атомининг ташқи орбитасида 4 та электрон, сурьманинг ташқи орбитасида 5 та электрон бўлади. Сурьма атоми кристалл панжарада германий атомларидан бирининг ўрнини эгаллаб, панжарадаги электронлар сонини битта оширади. Сурьма атоми германийнинг фақат тўртта атоми билан боғланган бўлади ва бунинг учун фақат 4 та валентлик электрони керак бўлади. Сурьманинг бешинчи валентлик электрони ортиқча бўлади. Иссиқлик ҳаракати натижасида бу электрон атомдан ажралади ва эркин бўлиб қолади, германий эса электрон ўтказувчанликка эга бўлган яримўтказгич бўлиб қолади.

Агар аралашма атомининг ташқи орбитасидаги электронлар сони асосий атомдаги электронлар сонидан битта кам бўлса, панжарада битта электрон кам бўлиб қолади. Иссиқлик ҳаракати натижасида асосий атомдан битта электрон аралашма атомга ўтиб кетади. Бунда тешик пайдо бўлади. Тешик йўқолган электроннинг ўрнини бошқа атомнинг электрони ҳисобига тўлдиради ва ҳоказо.

Электр майдони мавжуд бўлса, тешиклар майдон таъсири йўналишида тартибли ҳаракатга келади. Шундай қилиб, *кристалл панжарада электрони етишмайдиган аралашма атомининг бўлиши яримўтказгичнинг тешикли ўтказувчанлигини вужудга келтиради.*

Тешикли ўтказувчанликка эга бўлган ярим ўтказгичлар p типдаги яримўтказгичлар деб аталади (positive — мусбат деган сўздан олинган).

Кристалл атомларидан электронлар оладиган ва уларни мустақкам ушлаб турадиган аралашмалар ак-

цепторлар деб аталади. Масалан, соф германийга оз миқдорда алюминий аралаштирилса, тешикли ўтказувчанликка эга бўлган ярим ўтказгич ҳосил бўлади. Бунинг сабаби қуйидагича. Германий атомининг ташқи орбитасида 4 та электрон, алюминийнинг ташқи орбитасида эса 3 та электрон бўлади. Алюминий атоми кристалл панжарада германий атомларидан бирининг ўрнини эгаллаб, панжарадаги электронлар сонини битта камайтиради. Алюминий атомининг германий атомлари билан боғланиши учун 4 та валентлик электрон керак, лекин алюминий атомининг фақат 3 та валентлик электрони бор.

Етмаётган электронни алюминий атоми германийнинг қўшни атомидан олади, натижада тешик пайдо бўлади.

Тешик йўқолган электроннинг ўрнини германийнинг бошқа атомининг электрони ҳисобига тўлдиради ва ҳоказо. Натижада германий тешикли ўтказувчанликка эга бўлган ярим ўтказгич бўлиб қолади.

n- ва *p*- типдаги ярим ўтказгичларнинг ўтказувчанлиги *аралашмали ўтказувчанлик* деб, соф ярим ўтказгичларнинг ўтказувчанлиги эса *хусусий ўтказувчанлик* деб аталади.

2. Ярим ўтказгичли тўғрилагичлар. Агар *n*- типдаги ярим ўтказгич билан *p*- типдаги ярим ўтказгич кетма-кет уланса, ҳосил қилинган система электр тоқини фақат бир томонга ўтказади, шунинг учун ундай ўзгарувчан тоқнинг тўғрилагичи сифатида фойдаланиши мумкин. Бу ҳодисанинг сабаби қуйидагича. *n*- типдаги ярим ўтказгич билан *p*- типдаги ярим ўтказгич ўртасидаги чегарада юпқа ўтиш қатлами (*z*) ҳосил бўлади, бу қатлам орқали электронлар ва тешиклар ўтади (133-расм). Бу қатламда ортиқча электронлар ҳам, ортиқча тешиклар ҳам бўлмайди, чунки улар бир-бирини нейтраллайди. Ўтиш қатлами бекитувчи қатлам деб аталади, чунки у маълум бир қаршиликка эгадир. Гап шундаки, электронлар *n*- типдаги ярим ўтказгичдан *p*- типдаги ярим ўтказгичга ўтади ва натижада бекитувчи қатламнинг чегарасида потенциалларнинг контакт фарқи пайдо бўлади.

Потенциалларнинг бу фарқи билан ҳосил қилинадиган электр майдони ана шу бекитувчи қатламда тўпланган ва унинг бутун ҳажмига текис тақсимланган. Бу

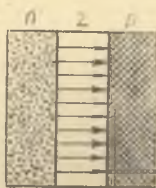
майдон электронли яримўтказгичдан тешикли яримўтказгичга қараб йуналган (134-расм). Бу майдон электронларнинг бекитувчи қатлам орқали ҳаракатланишига қаршилик кўрсатади. Агар бу системага шундай потенциаллар фарқи берилсаки, бунда берилган э. ю. к. манбаининг электр майдони бекитувчи қатламдаги тўсқинлик қилувчи майдонни заифлаштиради ёки бутунлай нейтралласа, у ҳолда электронлар бекитувчи қатлам орқали ўтади ва системадан ток ўтади. Бу ҳодиса $n - p$ ўтиш деб аталади.

Агар потенциаллар фарқи шундай қўйилсаки, уланган э. ю. к. манбаининг электр майдони бекитувчи қатламдаги электр майдонини кучайтиради, электронлар бекитувчи қатлам орқали ўтмайди ва системадан ток ўтмайди.

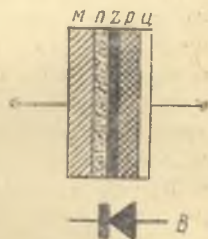
Бу система (яъни иккита яримўтказгич) ўзгарувчан ток занжирига уланган бўлганда ундан ток ўтиши учун n -типидаги яримўтказгичга манфий потенциал, p -типидаги яримўтказгичга эса мусбат потенциал берилиши керак. Потенциалларнинг ишораси ўзгартирилса занжирда ток бўлмайди.



133- расм.



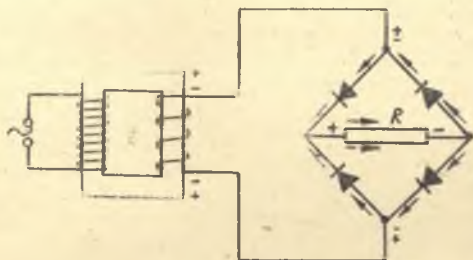
134- расм.



135- расм.

Мисол тариқасида купроксли туғрилагични кўриб чиқайлик (135-расм; расмдаги B — туғрилагичнинг шартли белгиси). Бу туғрилагич электронли ўтказувчанликка эга бўлган мис (I)-оксид қатлами суртилган M қизил мис пластинкадан иборат (мис (I)-оксид мис билан тўйинтирилган), бу қатлам устига эса термик ишлов бериш йўли билан $1000^{\circ}C$ га яқин температурада мис (I)-оксиднинг иккинчи қатлами ётқизилади, бу қатламдаги оксид кислород билан тўйинтирилган бўлиб, тешикли ўтказувчанликка эга.

Яримўтказгич билан яхшироқ ташқи контакт ҳосил қилиш учун унинг сиртига рух чанглантрилиб Ц қатлам ётқизилади. Мис (1)-оксинининг икки қатлами (n қатлами ва p қатлами) орасида юпқагина бекитувчи қатлам (z) пайдо бўлади. Агар диодни мис контакти



136- расм.

манфий потенциалда бўладиган қилиб, рух контакти эса мусбат потенциалда бўладиган қилиб уланса, системадан ток ўтади. Агар потенциаллар ишораси ўзгартирилса, бекитувчи қатлам катта қаршилиқ кўрсатгани учун системадан ток ўтмайди. Битта шайбадан (битта элементдан) иборат бўлган тўғрилагич битта ярим даврли тўғрилагич бўлади, чунки у токни даврининг битта ярмида ўтказди. Икки шайба ишлатиб, биз икки ярим даврли тўғрилагич оламиз, бундай тўғрилагич трансформаторли занжирда ишлайди. Тўртта шайба ишлатиб, икки ярим даврли тўғрилагич тайёрлаш ҳам мумкин (136- расм).

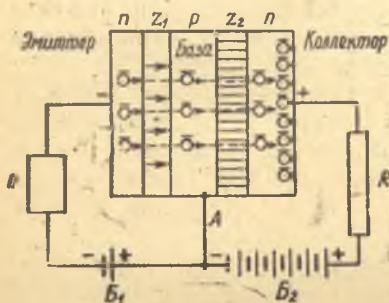
Кейинги вақтларда ф. и. к. 98% чамасида бўлган германийли ва кремнийли тўғрилагичлар ишлатила бошланди.

3. Яримўтказгичли кучайтиргичлар. Кейинги вақтларда лампали триодлардан бир қатор афзалликларга эга бўлган яримўтказгичли триодларни мукамаллаштириш ва ишлаб чиқишга катта аҳамият берилмоқда, чунки уларнинг кучайтириш коэффициентлари катта; чўгланувчи катодга муҳтожлиги йўқ; жуда кичик қувват (бир неча милливатт) сарфлайди; фойдали иш коэффициентлари катта; механик мустаҳкамлиги яхши, салгина силкиниш ва зарбга синавермайди; ўлчам-

лари жуда кичик (1 см^3 га яқин); хизмат муддати бир неча марта кўп (100 000 соатга боради).

Яримўтказгичли кучайтиргич $p-n-p$ ёки $n-p-n$ ўтиш қатламли учта кристаллдан тузилган, яъни четларида тешикли ўтказувчанликка эга бўлган яримўтказгичлар,

ўртасида эса электрон ўтказувчанликка эга бўлган яримўтказгич жойлашган ($p-n-p$) ёки аксинча, чеккаларида электрон ўтказувчанликка эга бўлган, ўртасида эса тешикли ўтказувчанликка эга бўлган яримўтказгич жойлашган ($n-p-n$). Уртадаги p кристалл база деб аталади; четдаги кристалллар ўтиш қатламлари билан биргаликда эмиттер ва коллектор деб аталади.



137- расм.

Ўтиш қатламида n -типидаги яримўтказгич билан p -типидаги яримўтказгичлар орасида электронларнинг ҳаракатига тўсқинлик қилувчи электр майдони бор эканлигини биламиз. Электронлар n -типидаги яримўтказгичдан p -типидаги яримўтказгичга томон ҳаракатланганда ўтиш қатламидаги электр майдони уларни қаттиқ тормозлайди.

Агар электронлар ўтиш қатламига тешикли қатлам томонидан киритилса, у ҳолда электр майдони уларнинг ўтиш қатлами орқали ҳаракатланишига ёрдам беради. Яримўтказгичли кучайтиргичларда ана шу хоссадан фойдаланилади.

Яримўтказгичли кучайтиргичнинг схемаси 137-расмда кўрсатилган. Ташқи сигналларни қабул қилиш учун мўлжалланган Π асбобда кучланиш ўзгармас деб фараз қилайлик. Паст кучланиш берадиган B_1 батарея эмиттер билан база орасидаги биринчи ўтиш қатламидаги (z_1 қатламдаги) электр майдонининг тормозловчи таъсирини пасайтиради. Бунинг натижасида электронлар қисман эмиттердан базага ўтади. Юксак кучланиш берадиган B_2 батарея база билан коллектор орасидаги

Ўтиш қатламидаги (z_2 қатламдаги) электр майдонини кучайтиради, шунинг учун электронлар коллектордан базага ўта олмайди, бироқ электронлар базадан коллекторга осон ўтади, чунки z_2 қатламдаги электр майдони уларнинг ҳаракатланишига ёрдам беради. Бунинг натижасида ток R нагрузка қаршилиги орқали ўтади. Базадан электронлар A ўтказгичга тушмайди; ўтказгич манфий зарядланган. Сигнал қабул қилувчи асбобда кучланиш доимий бўлгани учун нагрузка қаршилигида ҳам кучланиш доимий бўлади.

Агар Π асбобдаги кучланиш ўзгарувчан бўлса, у ҳолда z_1 ўтиш қатламида B_1 батарея ўзгарувчан майдон ҳосил қилади. Натижада майдоннинг ўтиш қатламидаги тормозловчи таъсири ўзгаради, бунинг оқибатида эса нагрузка қаршилигида ток кучи ва кучланиш кўп-кўп ўзгаради.

Тажрибаларнинг кўрсатишича, нагрузка қаршилигида кучланишнинг ўзгариши сигналлар приёмнигидагидан бир неча юз марта катта бўлади.

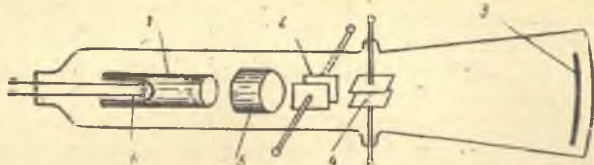
90- §.

Электрон-нур трубкиси

Катод нурлари электрон-нур трубкиси деб аталадиган махсус электрон асбобда ишлатилади; бу асбоб электрон осциллографларда, телевизор ва радиолокаторларда кенг қўлланилади.

Электрон-нур трубкисининг энг содда схемаси 138-расмда берилган. Трубка ичидаги ҳавоси жуда кўп сийраклантирилган (10^{-7} мм с.м. уст.) шиша колбада иборат. Колбанинг тор қисмига 1 фокусловчи цилиндр бўлган металл тола шаклидаги b катод ўрнатилган. Толадан ўтаётган ток уни чўлгантиради. Бунинг натижасида электронлар чиқади. Катод қаршисида ичи буш цилиндр кўринишидаги анод жойлаштирилган бўлиб, унинг ичида марказида жуда кичик тешиги бўлган диафрагмалар бор. Катод билан анод орасида бир неча юздан бир неча минг вольтгача кучланиш ҳосил қилиб турилади.

Катоддан учиб чиққан электронлар электр майдонидан тезлашади ва анод диафрагмаларининг тешиги орқали ўтиб, илгичка нур тарзида кетади. Колбанинг ички



138 - расм.

томонига суртилган 3 экранга тушиб, электрон-нур экранда кичкина думалоқ ёруғ доғ ҳосил қилади. Экран алоҳида моддадан (люминофордан) қиллинади; люминофор катод нурлари таъсирида ёруғлик сочгани ҳолда катод нурларининг таъсири тухтаган ҳамона ёруғлик чиқармай қўяди.

Нур икки конденсаторнинг жуфт пластинкалари билан бошқарилади, бу пластинкалар огдирувчи пластинкалар деб аталади. Вертикал 2 пластинкалар нурни горизонтал текисликда огдира олади. Агар чапдаги пластинка манфий, ўнг томонидагиси мусбат зарядланган бўлса, нур ўнг томонга оғади; агар чапдаги пластинка мусбат, ўнгдаги пластинка манфий бўлса, нур чапга оғади. Агар вертикал пластинкаларга ўзгарувчан кучланиш берилса, нур горизонтал текисликда тебраниб, чапдан ўнгга ва ўнгдан чапга қараб ҳаракатланади.

Агар горизонтал 4 пластинкаларга ўзгарувчан кучланиш берилса, у ҳолда электрон-нур вертикал текисликда тебранади.

Тебраниш шаклини аниқлаш учун вертикал пластинкаларга аррасимон кучланиш (139-а расм) берилади; аррасимон кучланиш деганда бирор катталиқкача текис ортиб, сўнгра эса бирданига дастлабки қийматигача камаядиган ва шундан сўнг бутун процесс такрорландиган кучланиш тушунилади. Бунда электрон-нур экранда горизонтал йўналишда текис ҳаракатланади ва бошланғич вазиятига бир зумда қайтади.

Бу ҳодиса юз берадигандаги кучланиш ё ювчи кучланиш деб аталади.

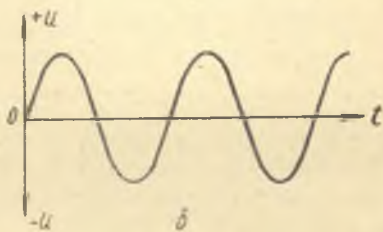
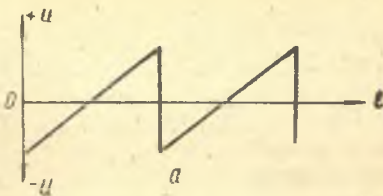
Вертикал пластинкаларга ё ювчи кучланиш, горизонтал пластинкаларга ўрганилаётган кучланишни берсак, нур бир вақтда ҳам горизонтал бўйлаб, ҳам вертикал бўйлаб кўчади.

Экранда ўрганилаётган кучланиш ўзгаришининг вақтга боғланиш эгри чизиги ҳосил бўлади.

Бу эгри чизик тебранишлар ёйилмаси деб аталади (139-б расм).

Тебранишлар ёйилмасини ўрганишга мўлжалланган трубка электрон осциллографнинг муҳим қисмидир.

Электрон-нур амалда инерциясиз бўлгани учун электрон осциллограф катта частотали электр тебранишлари соҳасида муҳим аҳамият касб этади.



139- расм.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Термоэлектрон эмиссия нима?
2. Диод нима, у қандай тузилган ва нима учун ўзгарувчан токнинг тўғрилагичи сифатида ишлай олади?
3. Триод нима, у қандай тузилган ва нима учун ток ва кучланиш тебранишларининг кучайтиргичи бўлиб ишлай олади?
4. Яримўтказгичнинг электрон ўтказувчанлиги нимадан иборат?
5. Яримўтказгичнинг тешикли ўтказувчанлиги нимадан иборат?
6. Яримўтказгичли тўғрилагич қандай тузилган ва қандай ишлайди?
7. Ток ва кучланиш тебранишларининг яримўтказгичли кучайтиргичи қандай тузилган ва қандай ишлайди?
8. Яримўтказгичли диод ва триодлар лампали диод ва триодлар олдида қандай афзалликларга эга?
9. Электрон-нур трубкасининг тузилиши ва ишлашини тушунтириб беринг.

ЭЛЕКТРОМАГНИТИК ТЕБРАНИШ ВА ТУЛҚИНЛАР

91-§.

Электр тебранишлари ҳақида тушунча.
Конденсаторнинг разрядланиши.
Электромагнитик тебранишлар

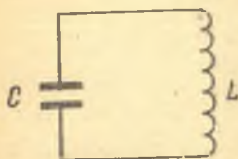
Тебранаётган маятник силжишларининг даврий ўзгариши синусоида билан тасвирланишини курснинг биринчи қисмидан биламиз. Урамни бир жинсли магнит майдонида текис айлантирганда ҳосил бўладиган индукция э. ю. к. нинг ва индукцион токнинг ўзгаришлари ҳам график равишда синусоида билан тасвирланади. Турли хил процесслар графикларининг бундай умумийлиги тебраниш тушунчасининг кенгайтирилишига ва механик тебранишлар билан бир қаторда электр тебранишларини ўрганишга имкон беради. Ёритиш линиясидаги ток 50 Гц частотали ўзгарувчан токдир, бинобарин, у паст частотали электр тебранишларидир. Ток истеъмолчисида (масалан, электр лампасида) бу тебранишлар мажбурий тебранишлар бўлади, чунки бу тебранишлар лампанинг тутқичларига уланган даврий э. ю. к. ли генератордан келадиган ўзгарувчан кучланишнинг даврий таъсир қилишидан ҳосил бўлади.

Бироқ шундай электр занжирлари ҳам борки, уларда эркин электр тебранишлари, яъни даврий э. ю. к. таъсирисиз бўладиган тебранишлар бўлиши мумкин (бу тебранишлар хусусий тебранишлар деб ҳам аталади). Бундай занжирларнинг энг соддаси, бироқ техника учун энг кераклиси тебраниш контуридир. *С конденсатор ва L индуктивлик ғалтагидан тузилган электр занжири тебраниш контури деб аталади* (140-расм).

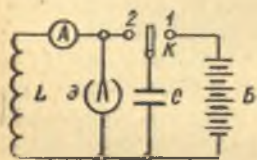
Кузатишга қулай бўлган 1 Гц частотали электр тебранишлари ҳосил қилиш учун катта сифимли (500 мкФ га яқин) *C* конденсатор ва индуктивлиги катта бўлган (500 Г га яқин) *L* ғалтакни бир-бирига улаймиз.

Узгарувчан токни кузатиш учун шкаласининг ўртасида ноли бўлган *A* амперметрни кетма-кет улаймиз. Ғалтакнинг тутқичларидаги кучланиш ўзгаришларини

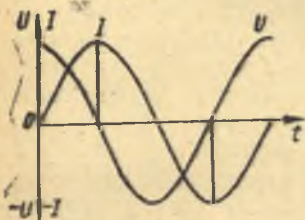
кузатиш учун Э электрометри параллел улаймиз (141-расм). К вилючателни 1 контактга бураймиз, бунда конденсатор юсак кучланишли Б батареяга (100 В га якин) уланади ва унинг пластинкаларида электр зарядлари тўпланади: бир пластинкасида мусбат, иккинчи пластинкасида манфий зарядлар тўпланади.



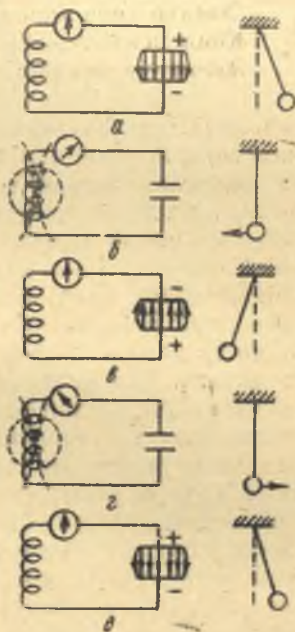
140- расм.



141- расм.



142- расм.



143- расм.

К переключателни 2 контактга бураймиз, у ҳолда батарея узилади ва С конденсатор L индуктивлик галтаги орқали разрядлана бошлайди. Амперметрнинг стрелкаси дам нолнинг бир томонига, дам иккинчи томонига ога бошлайди. Стрелка камаювчи амплитудали бир неча тўла тебранишлар қилиб тўхтайди, чунки занжирнинг катта электр қаршилиги занжирнинг қизишига сарф бўладиган кўп энергия ютади. Айни вақтда электрометри кузатиб, унинг япроқлари айниқса амперметр стрелкаси нолдан ўтаётган пайтларда жуда катта очи-

дишини ва, аксинча, амперметр стрелкаси энг катта оғган пайтларда япроқларнинг яқинлашишини кўрамиз.

Бу тажрибадан шу нарсани аниқлаш мумкин: конденсаторнинг индуктивлик ғалтаги орқали разрядланиши ғалтакдаги ток кучи ва кучланишнинг электр тебранишларидир, шу билан бирга, кучланиш тебранишлари ток кучи тебранишларидан $\frac{1}{4}$ даврга илгари кетади (142-расм).

Тебраниш контурида бўладиган процессларни ба-тафсилроқ кўриб чиқамиз. Конденсаторни зарядлаганимизда (биноқ ҳали разрядланиш бошланмаганда) конденсатор электр майдонининг кучланганлиги энг катта бўлади. Бу пайтда конденсаторнинг потенциал электр энергияси запаси энг катта бўлади. Контурнинг бу бошланғич ҳолати мувозанат вазиятидан оғган маятникнинг ҳолатига ўхшайди (143-а расм; бу ҳолатда маятникнинг потенциал энергияси энг катта бўлади).

Биноқ контурнинг бундай ҳолати электр жиҳатдан мувозанат ҳолат эмас, шунинг учун конденсатор разрядлана бошлайди ва индуктивлик ғалтаги орқали ток ўтиб, ғалтак ичида ва ундан ташқарида магнит майдони ҳосил қилади. Конденсатор разрядланиб, электр майдони йўқолган пайтда магнит майдонининг кучланганлиги энг катта қийматга эришади. Контурнинг бу ҳолати мувозанат вазияти орқали ўтаётган маятникнинг ҳолатига ўхшайди (143-б расм; бу ҳолатда маятник энг катта кинетик энергияга эга бўлади). Магнит майдонининг энергияси конденсаторнинг разряд токи йўналишида ўтадиган ўзиндукция токининг энергиясига айланади, шунинг учун конденсаторнинг пластинкалари қайта зарядланади ва улар орасида бошланғич электр майдонига қарама-қарши йўналган электр майдони бўлади. Контурнинг бу ҳолати мувозанат вазиятидан иккинчи томонга оғган маятникнинг ҳолатига ўхшайди (143-в расм). Сўнгра конденсатор яна разрядлана бошлайди ва контурда қарама-қарши йўналишда ток пайдо бўлади, бинобарин, ҳосил бўлаётган майдон ҳам қарама-қарши йўналишда бўлади (143-г расм).

Магнит майдонининг энергияси ҳисобига ўзиндукция токи вужудга келади ва конденсатор пластинкалари орасида катталиги ва йўналиши аввалгича бўлган электр майдонни қарор топади (143-д расм). Агар занжирнинг қаршилиги бўлмаганда эди, у ҳолда тебранишлар чек-

сиз узоқ муддат давом этган бўлар эди. Кўриб турибмизки, тебраниш контурида конденсатор электр майдонининг потенциал энергияси ғалтакдаги токнинг магнит майдони энергиясига даврий равишда айланади, яъни электромагнитик тебранишлар бўлади.

Электр майдони кучланганлигининг ва магнит майдони кучланганлигининг даврий равишда ўзгаришлари электромагнитик тебранишлар деб аталади.

С сизим ва L индуктивликни камайтириб, катта частотали тебранишлар ҳосил қилиш мумкин. Радиотехникада бир неча миллион герцдан бир неча миллиард герцгача бўлган электромагнитик тебранишлардан фойдаланилади.

92- §.

Берк тебраниш контури.

Сўнадиган ва сўнмайдиган тебранишлар

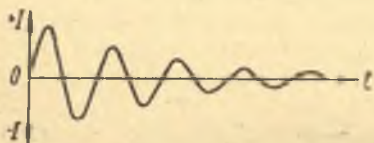
Атроф фазога жуда оз миқдорда электромагнитик энергия чиқарадиган тебраниш контури берк контур деб аталади (қ. 143- расм). Бундай контурда электр ва магнит майдонлари фазода ажралган; электр майдони конденсатор пластинкалари орасида тўпланган, магнит майдони эса ғалтак ичида тўпланган. Бу ҳолда нурланиш жуда заиф бўлади. Тебраниш контурига қанча кўп энергия берилса, контурдаги тебранишлар амплитудаси шунча катта бўлади. Бироқ контурдаги хусусий (эркин) тебранишлар тез сўнади, яъни тебранишларнинг амплитудалари кичрая боради, чунки ҳар бир тебранишда энергиянинг анчагина қисми занжирнинг электр қаршилиги туфайли иссиқликка айланади ва энергиянинг бир қисми атрофдаги муҳитга чиқиб кетади. Сўнувчи тебранишлар графиги 144- расмда кўрсатилган. Инглиз физиги Томсон (Кельвин) 1853 йилда контурдаги электромагнитик тўлқинларнинг хусусий тебранишлари даврини

$$T = 2\pi\sqrt{CL}$$

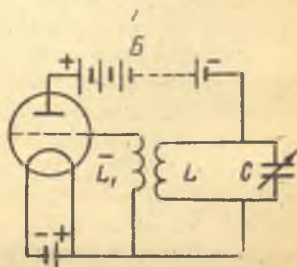
формула билан ҳисоблаш мумкин эканлигини назарий равишда исбот қилиб берди, бу формулада T — секунд ҳисобида олинган давр, C — фарада ҳисобида олинган сизим, L — генри ҳисобида олинган индуктивлик.

Контурада сўнмайдиган электромагнитик тебранишлар ҳосил қилиш учун, энергиянинг сарфини бир давр давомида камида бир марта тўлдириб туриш керак.

1913 йилда уч электродли электрон лампа ёрдамида юксак частотали сўнмас тебранишлар ҳосил қилиш усули кашф қилинди. Бу усул ҳозирги замон радиотехникасига асос қилиб олинган.



144-расм.



145-расм.

Лампали генератор ўзгармас ток энергиясини ўзгармас амплитудали юксак частотали ўзгарувчан ток энергиясига айлантиради. Лампали генератор шундай қисмлардан иборат: 1) электромагнитик тебранишлар ҳосил қилинадиган тебраниш контури, 2) контурда тебранишлар бўлиб туриши учун зарур бўлган энергия манбаи ва 3) ток манбаидан контурга энергия беришни автоматик ростлаб турувчи электрон лампа (145-расм).

L ғалтак билан C конденсатор сўнмас тебранишлар ҳосил қилинадиган тебраниш контуридир. B батарея контурга энергия берадиган манбадир. $У$ соатдаги пружина ролини бажаради. Электрон лампа билан L ғалтак соат механизмидаги храповик ролини ўтайди.

CL контурдаги тебранишлар лампанинг турида ўзгарувчан э. ю. к. ҳосил қилади, чунки L ғалтак L_1 ғалтак билан индуктив равишда боғланган. Тур мусбат зарядланганда лампа орқали ўтувчи анод токининг кучи ортади ва ток C кондексаторни зарядлайди.

Лампанинг тури манфий зарядланганда лампа «берк» бўлади ва C конденсатор L ғалтакка разрядланади. C конденсаторнинг даврий равишда зарядланиб туриши контурда сўнмас тебранишларнинг ҳосил бўлиши учун шароит яратиб беради. L_1 ғалтак шундай ула-

ниши керакки. бунда конденсаторнинг пастки пластинкаси мусбат зарядланган пайтда тўр ҳам мусбат зарядлансин. Агар L_1 галтакнинг учлари алмаштириб уланса, тўр кучланиши тебранишларининг фазаси $\frac{1}{2}$ даврга ўзгаради ва тебранишлар ҳосил бўлмайди, чунки батарея конденсаторни зарядлаб турмай, аксинча уни зарядсизлантиради. Биринчи уч электродли лампани 1914 йилда рус олими Н. Д. Папалекси ишлаб чиқаришга жорий қилди.

Совет мамлакатининг эҳтиёжлари учун керак бўлган биринчи лампали генераторни атоқли радионинженер ва олим М. А. Бонч-Бруевич конструкция қилди.

В. И. Лениннинг кўрсатмасига мувофиқ, М. А. Бонч-Бруевич 1918 йилда Нижегород радиолобораториясини тузди, бу лаборатория аслида мамлакатимизнинг дастлабки илмий-текшириш институтларидан бири эди.

1918 йилнинг ўзида М. А. Бонч-Бруевич шу лабораторияда биринчи совет радиолампарари ишлаб чиқаришни йўлга қўйди, чет эл радиолампараларидан афзал, мутлақо янги оригинал тузилишдаги генератор ва модулятор лампараларининг ишлаб чиқарилишига асос солди.

1922 йилда Москвада Бонч-Бруевич раҳбарлигида жаҳонда энг кучли радио-телефонли передатчик ясалди, унинг қуввати 12 кВт эди. Уша йилларда Нью-Йорк радиостанциясининг қуввати 1,5 кВт, Париж станциясининг қуввати 3 кВт эди, капиталистик дунёнинг энг кучли станциясининг қуввати эса 5 кВт эди (Германия).

Москвада жаҳонда энг қудратли радиостанция қурилиши уша вақтнинг ўзидаёқ совет радиотехникасининг қанчалик илгари кетганини кўрсатиб берган эди.

Тебраниш контури ёрдамида олинадиган юксак частотали тоқлар саноатда кенг қўлланилмоқда. Юксак частотали тоқлар ёғочни қуритиш, металл буюмлар сиртини чиниқтириш ва эритиш печларида ишлатилади. Юксак частотали тоқлар ёрдамида металлларни жуда тез эритиш мумкин, бу ҳол осон буғланиб кетувчи моддаларнинг қотишмаларини олишда муҳим шарт ҳисобланади.

Ҳозирги вақтда юксак частотали тоқлар медицинада (электроднатермия) муваффақиятли қўлланилмоқда.

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Тебраниш контури нима?
2. Тебраниш контурида қандай процесслар бўлади?

3. Қандай тебраниш контури берк контур деб аталади, нима учун у электромагнитик энергияни кам чиқаради?

4. Қандай тебранишлар сўнувчи тебранишлар дейилади, улар графикда қандай тасвирланади?

5. Электромагнитик тебранишларнинг сўнишига сабаб нима?

6. Сўнмас тебранишлар деб қандай тебранишларга айтилади, улар графикда қандай тасвирланади?

7. Электрон лампа ёрдамида қандай қилиб сўнмас электромагнитик тебранишлар олиш мумкин?

8. Контурдаги хусусий (эркин) электромагнитик тебранишларнинг даврини қандай формуладан аниқлаш мумкин?

9. Индуктивлик 8 Г бўлганда контурда 0,02512 с даврли тебранишлар ҳосил бўлиши учун қандай сизим олиш керак?

Жавоби: 0,2 мкФ.

10. Сизим 1 мкФ бўлганда контурда 0,01256 с даврли тебранишлар ҳосил қилиш учун қандай индуктивлик олиш керак?

Жавоби: 0,4 Г.

93- §.

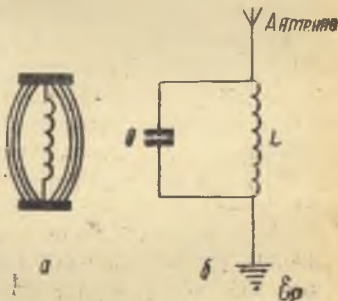
Очиқ тебраниш контури.

Электромагнитик тўлқинлар ва уларнинг тарқалиши

Атрофдаги фазога электромагнитик энергиянинг кўп қисмини нурловчи (тарқатувчи) тебраниш контури очиқ тебраниш контури дейилади (146-а расм). Очиқ контурда электр ва магнит майдонларининг ўзгариши фазода қўшилиб кетади ва шунинг учун тебранишларнинг частотаси катта бўлганда контур энергияни электромагнитик тўлқинлар тарзида кўп тарқатади. 146-б расмда антенна ва ерга уланган очиқ контур кўрсатилган. Антеннани А. С. Попов 1895 йилда ихтиро қилган эди. Ерга улашни ҳам 1896 йилда унинг ўзи кашф қилди.

Электромагнитик майдон назариясини инглиз олими Жемс Кларк Максвелл XIX асрнинг иккинчи ярмида яратди. Узининг назариясига Максвелл икки қондани асос қилиб олди:

1. Магнит майдонининг ҳар қандай ўзгариши атрофдаги фазода ўзгарувчи уюрмали электр майдонини вужудга



146- расм.

келтиради, куч чизиқларининг учи ва охири бўладиган заряд майдонидан фарқ қилиб, уюрмали электр майдонининг куч чизиқлари берк бўлади.

2. Электр майдонининг ҳар қандай ўзгариши атрофдаги фазода ўзгарувчан магнит майдонини юзага келтиради.

Агар фазонинг бирор нуқтасида тез ўзгарувчан магнит майдони вужудга келган бўлса, бу майдон қўшни нуқталарда тез ўзгарувчан уюрмали электр майдонини юзага келтиради, у ўзига қўшни бўлган нуқталарда тез ўзгарувчан магнит майдонини вужудга келтиради ва ҳоказо.

Даврий равишда ўзгарадиган электромагнитик майдоннинг тарқалиш процесси электромагнитик тўлқин дейилади.

Тажрибаларнинг кўрсатишича, токли ўтказгич атрофида магнит майдони бор ва бу магнит майдонининг кучланганлиги ўтказгичдан ўтаётган токнинг камайиши ёки кўпайишига қараб кўпайиши ёки камайиши мумкин. Ток кучининг қиймати ноль бўлганда унинг магнит майдонининг кучланганлиги нолга тенг бўлади; ток кучи максимал бўлганда унинг магнит майдонининг кучланганлиги максимал бўлади. Демак, уларнинг тебраниш фазалари бир хил.

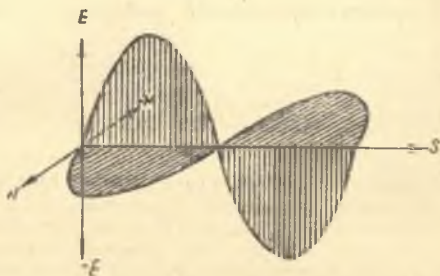
Максвелл назариясига мувофиқ, фазода ҳаракатланаётган уюрмали электр майдони ўтказгичдаги токнинг хусусиятларига эгадир, яъни электр майдонининг куч чизиқлари атрофида, токли ўтказгич атрофидаги сингари, электр майдонининг ўзгаришига мос ўзгарадиган магнит майдони вужудга келади.

Электр майдонининг бир нуқтадаги кучланганлиги қиймати нолга тенг бўлганда магнит майдони кучланганлигининг қиймати нолга тенг бўлади; электр майдонининг бир нуқтадаги кучланганлиги максимал бўлганда магнит майдони кучланганлиги максимал бўлади. Демак, электр ва магнит майдонларининг кучланганликлари бир фазада ўзгарар экан.

Экспериментал маълумотлар кўрсатишича, магнит майдони кучланганлигининг вектори токнинг йўналишига перпендикуляр текисликда жойлашган экан.

Максвелл назариясига мувофиқ, уюрмали электр майдони токка ўхшаган экан, шунинг учун вужудга келган магнит майдони кучланганлигининг вектори

электр майдони кучланганлигининг векторига перпендикуляр текисликда жойлашган. Электр ва магнит майдонларининг фазода кучиши давомдаги ўзгариш процессини бу майдонлар кучланганликлари векторларининг ўзгариши сифатида яққол тасвирлаш мумкин.



147-расм.

x ўқини масофалар ўқи деб, z ўқини электр майдонининг E кучланганликлари ўқи деб, y ўқини эса магнит майдонининг H кучланганликлари ўқи деб қабул қиламиз, у ҳолда электр ва магнит майдонлари кучланганликлари векторларининг фазонинг турли нуқталарида айни бир вақтдаги даврий тебранишлари электромагнитик тўлқиннинг график тасвири бўлади (147-расм).

Электромагнитик тўлқинлар кундаланг тўлқинлар эканлиги графикдан кўриниб турибди, чунки майдонлар кучланганликлари векторларининг тебранишлари тўлқинларнинг тарқалиш йўналишига перпендикулярдир.

Бир тебраниш даврига тенг вақт ичида электромагнитик тўлқиннинг силжиш масофаси тўлқин узунлиги дейилади (λ).

Агар c — электромагнитик тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги, T — тебраниш даври, f — тебранишлар частотаси бўлса, у ҳолда

$$\lambda = cT \text{ ёки } \lambda = \frac{c}{f}.$$

Электромагнитик тўлқинлар билан бирга масса ва энергия кўчади. 1900 йилда рус олими П. Н. Лебедев электромагнитик тўлқинлар бўлмиш ёруғлик нурининг масса ва энергияси бор эканлигини исбот қилди.

«Энергиянинг ҳаракати» ҳақидаги таълимотни рус олими Н. А. Умов яратди ва асослаб берди.

Электромагнитик тўлқинлар биринчи марта немис физиги Герц томонидан 1888 йилда олинди. Бу кашфиёт: Максвеллнинг электромагнитик тўлқинлар ҳақидаги назариясини тасдиқлади ва турли узунликдаги электромагнитик тўлқинларни амалий равишда ҳосил қилишга асос солди.

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Қандай тебраниш контури очиқ контур дейилади?
2. Максвеллнинг электромагнитик майдон ҳақидаги назарияси қандай икки қондага асосланган?
3. Электромагнитик энергия қандай қилиб тарқатилади?
4. Электромагнитик тўлқин деб нимага айтилади?
5. Электромагнитик тўлқиннинг фазода тарқалишида ихтиёрий нуқтада нима тебранади ва қандай тебранади?
6. Электромагнитик тўлқиннинг узунлиги деб нимага айтилади?
7. Электромагнитик тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги, тўлқин узунлиги ва тебраниш даври орасида қандай математик боғланиш бор?
8. Узунлиги 1500 м бўлган электромагнитик тўлқин чиқараётган контурда бир тўла тебранишга қанча вақт кетади?

Жавоб: 0,000005 с.

9. Тебранишлар частотаси 600 кГц бўлганда электромагнитик тўлқиннинг узунлиги нимага тенг бўлади?

Жавоб: 500 м.

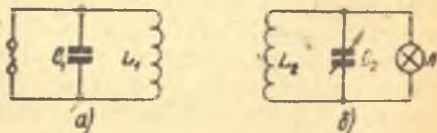
94- §.

Электр резонанси

Тебраниш контурига етиб борган электромагнитик тўлқинлар контурда мажбурий электромагнитик тебранишлар юзага келтиради. Агар электромагнитик тўлқинларнинг тебраниш даври контурдаги хусусий тебранишлар даврига тенг келса, мажбурий тебранишларнинг амплитудаси энг катта қийматга эришади. Бундай ҳодиса **электр резонанси** дейилади.

Электромагнитик тўлқинлар чиқарадиган контур **вибратор** деб аталади (148-а расм). Вибраторнинг тебранишларига жавоб таъсири курсатувчи контур, **резонатор** деб аталади (148-б расм).

Узгарувчан сизимли C_2 конденсатор ёрдамида узгарувчан контурни вибратор билан резонанс қилиб сошлаш мумкин. Агар резонаторнинг тебраниш контурига конденсаторга параллел қилиб L неон лампочкаси уланса, у ҳолда контурни вибратор билан резонанс қилиб сошлаганда неон лампочка ёнади. Электр резонанси электромагнитик тўлқинларни қайд қилишда катта аҳамиятга эга.



148- расм.

95- §.

Радио сигналлари узатиш ва қабул қилиш ҳақида тушунча. А. С. Попов — радио ихтирочиси

Максвелл электромагнитик тўлқинларнинг мавжудлигини назарий жиҳатдан исбот қилиб берди ва уларни ҳосил қилишнинг зарур шартларини кўрсатиб берди. Бу шартлар: 1) электромагнитик тебранишларнинг юксак частотали бўлиши ва 2) тебраниш контури очиқ бўлиб, электр майдони бутун занжир атрофида бўлишидир. Герц электромагнитик тўлқинлар мавжудлигини тажрибада исбот қилиб берди ва уларнинг хоссаларини ўрганди. Рус олими А. С. Поповнинг хизмати шундаки, у электромагнитик тўлқинларни амалий мақсадларда — симсиз телеграфда қўлади. Кейинчалик бу усул радио-телеграф (латинча «радиус» нур сўзидан олинган) деб аталди.

Бизнинг Ватанимиз ҳар йили буюк сана — 1895 йилнинг 7 майини Радио куни сифатида нишонлайди. Шу куни улуғ рус олими А. С. Попов Рус физика-химия жамиятига атмосферадаги электромагнитик тебранишларни пайқайдиган ва қайд қиладиган асбоб ҳақида ахборот берди. Доклад охирида А. С. Попов: «Мен ихтиро қилган бу асбоб келгусида мукаммаллаштирилгач, сигналларни тез электр тебранишлари ёрдамида узоқ масофаларга узатишда қўлланилишига нишончим комил. Бунинг учун етарли энергияга эга бўлган бундай тебранишлар манбаи топилса бас», — деган эди.

1896 йилнинг 12 мартида Рус физика-химия жамия-тининг Петербургдаги мажлисида А. С. Попов телеграф аппарати, булган радиоприёмникни намоёниш қилди ва жаҳонда биринчи марта ўзининг ёрдамчиси П. Н. Рибкии 2 км масофадан туриб узатган «Генрих Герц» деган икки сўздан иборат радиогрaммани қабул қилди. 1897 йилда А. С. Попов Болгиқ денгизи кемаларида радио сигналларини узатиш ва қабул қилишга доир муваффақиятли тажрибалар ўтказди, 1899 йилнинг қишида эса у ўзининг ёрдамчилари П. Н. Рибкии ва Д. С. Троицкий иштирокида Котке порти билан соҳилида «Генерал-адмирал Апраксин» броненосеци ўтириб қолган Гогланд ороли орасидаги 50 км лик масофада радиоалоқа ўрнатди. Бу вақтда П. Н. Рибкии сигналларни телефонда қабул қилиш мумкинлигини аниқлади.

Радиоалоқа туфайли броненосец қутқариб қолинди, шу билан бирга денгиздаги музлик парчаларида улоқиб юрган балиқчилар ҳам қутқариб олинди. Бу радиодан биринчи марта амалда фойдаланиш эди. А. С. Попов ўз ватанининг содиқ фарзанди эди. Шунинг учун ҳам чет эл корхона эгаларининг чет элга бориб ишлаш ҳақидаги ҳамма таклифларини рад этиб: «Мен рус кишисиман, бутун билимим, бутун меҳнатим, ўзимнинг бутун ютуқларимни фақат она Ватанимизгагина беришга ҳақлидирман.

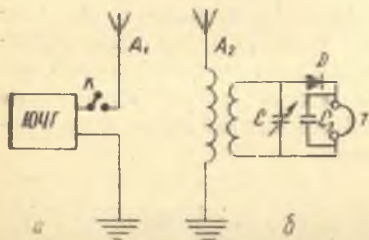
Меннинг Ватанимга содиқлигимнинг нақадар юксак эканини, янги алоқа воситаси чет элда эмас, айнан Россияда кашф этилганлиги билан нақадар бахтиёр эканимни замондошларим билмаса, келгуси авлодлар тушунгусидир»,—деган эди А. С. Попов.

Советлар ҳокимияти ўрнатилгач, мамлакатимизда радиотехника ажойиб муваффақиятларга эришди. Бизнинг давримизда электромагнитик тўлқинлар радиотелеграф, радиотелефон, телевидение, радионавигация, радиолокация ва бошқа соҳаларда кенг қўлланилади.

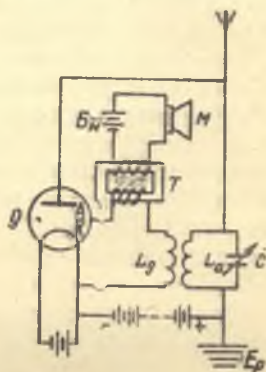
Энг содда ҳолда радиоалоқани шундай амалга ошириш мумкин.

Радиопередатчик узгармас частотали электромагнитик тўлқинлар тарқатиши керак. Радиопередатчик юксак частотали сўнмас тебранишлар генераторидан иборат (149-а расм) булиб, A_1 антеннага ва ерга уланган. K калит ёрдамида Морзе алифбесининг тире ва нуқталарига мос келадиган қисқа ва узун сигналлар юбориш мумкин.

Передатчикдан узоқ масофада электромагнитик тўлқинлар приёмниги туради (149-б расм). Электромагнитик тўлқинлар A_2 антеннада ўзгарувчан э. ю. к. нм вужудга келтиради ва тебраниш контурида электромагнитик тебранишлар юзага келади.



149- расм.

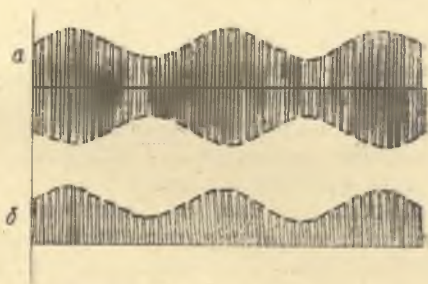


150- расм.

Ўзгарувчан сифимли C конденсатор ёрдамида приёмник передатчикка резонанс қилиб созилади. Приёмник контурида пайдо бўладиган тебранишлар D детекторга берилади, детектор эса ўзгарувчан токни тўғри-лаб ўзгармас токка айлантиради. Тўғрилланган ток ёзиб олувчи қурилмаси бўлган телеграфнинг электромагнитига ёки T телефонга юборилади. Бу телефонга параллел қилиб C_1 блокувка конденсатори уланган бўлиб, у даврнинг биринчи ярмида зарядланади, иккинчи ярмида эса телеграф ёки телефон орқали разрядланади. Ёзиб олувчи қурилмаси бўлган телеграф ҳам, телефон ҳам қурилманинг ва мембрананинг инерцияси катта бўлгани туфайли юксак частотали тебранишларни вужудга келтира олмайди. Улар приёмникдаги ҳамма импульсларнинг ўривчисига мос тебранишларнигина такрорлаши мумкин. Бу ҳодиса тебранишларни детектирлаш деб аталади.

Товушли радиоэшиттириш учун юксак частотали тебранишларни махсус равишда модуллаш, яъни товуш частотасидаги электр тебранишларни юксак частотали тебранишларга қўшиши керак. Бу иш микрофон ва электрон лампа ёрдамида бажарилади.

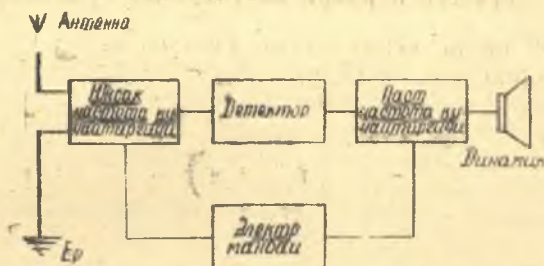
150-расмда модуллаш процессининг схемаси берилган. Электрон лампанинг g тури билан K катода орасига юксалтирувчи кичик T трансформаторнинг иккиламчи чулғами уланган, бирламчи чулғамига эса M микрофон ва B_m батарея уланган. Товуш тўлқинлари таъсирида микрофоннинг қаршилиги, бинобарин, ундаги ва трансформаторнинг бирламчи чулғамидаги ток кучи ўзгаради. Бунинг натижасида трансформаторнинг лампа турига уланган иккиламчи чулғамидаги э. ю. к. ҳам худди шундай частота билан ўзгаради. Бунинг оқибатида эса лампа контуридаги юқори частотали тебранишлар амплитудаси лампа туридаги паст частотали кучланишларнинг ўзгаришига мос равишда ўзгаради ва шунинг учун антенна фазога модулланган электромагнитик тўлқинлар тарқатади (151-*a* расм).



151- расм.

Модулланган тебранишлар приёмникда детектирланади. 151-*б* расмда детектирланган товуш частотасидаги тебранишлар тасвирланган. Ҳозирги замон радиоприёмнигининг умумий схемаси (блок-схемаси) 152-расмда берилган. Электромагнитик тўлқинларнинг тўсиқлардан қайтиши радиолокацияга асос бўлди.

Ҳар қандай радиолокацион қурилманинг ҳам радиопередатчиги ва электрон-нурли трубкага уланган радиоприёмниги бўлади. Агар радиопередатчик маълум йўналишда электромагнитик тўлқинлар тарқатса, бу тўлқинлар бирор буюмдан қайтгач радиоприёмникда қайд қилинади.



152- расм.

Импульсни юбориш ва уни қабул қилиб олиш орасидаги вақт электрон-нурли трубкада аниқланади. Бу вақтни ва электромагнитик тулқинларнинг тарқалиш тезлигини билган ҳолда (тахминан 300 000 км/с) нишонгача бўлган масофани аниқлаш мумкин. Одатда трубканинг экранига нишонгача бўлган масофани бевосита км ҳисобида аниқлайдиган масштаб чизилади.

Радиолокацион қурилмалар, масалан, учувчиларга ёмон об-ҳаво шароитида ҳам самолётнинг қандай баландликда кетаётганини аниқлашга имкон беради, кемаларнинг айсбергларга туқнашиб қолиш хавфининг олдини олишга ёрдам беради. 1946 йилда Ердан Ойгача бўлган масофа радиолокация ёрдами билан улчанган эди. Тулқинлар қанча қисқа бўлса, уларни маълум бир йўналишда тарқатиш шунча осон бўлади, шунинг учун ҳозирги вақтда бу мақсадларда фақат сантиметрли тулқинларгина эмас, балки ёруғлик тулқинлари ҳам ишлатилади.

«Луноход-1»да урнатилган пассив лазер қайтаргич ёрдамида Ойни лазер воситасида локация қилиш жуда қизиқарлидир. Лазернинг қулланиши Ердан юборилган сигналларни аниқроқ йўналтиришга ва Ойгача бўлган масофани бир неча метргача аниқликда улчашга имкон берди. Бу жуда юксак аниқликдир. Таққослаш учун шуни айтиш мумкинки, шундай нисбий аниқлик билан Москва ва Ленинград шаҳарлари орасидаги масофа миллиметрнинг ўндан бир улушигача аниқликда ўлчанган бўлар эди.

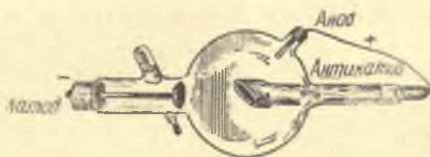
Рентген нурлари ва уларнинг қўлланиши

1895 йилда немис олими Рентген катод нурлари ҳаракатланаётган трубкада махсус кўзга кўринмас нурлар чиқишини ва уларнинг фотография пластинкасига таъсир қилишини, рух сульфид, барий платоцианид ва бошқа моддаларга тушганида бу моддаларнинг нур чиқаришини аниқлади. Кўзга кўринмайдиган бу нурлар кейинчалик рентген нурлари деб аталди. Рентген ўзи кашф қилган нурлар трубканинг катод нурлари тушаётган жойларидан чиқаётганини аниқлади. Рентген нурларининг кучлироқ оқимини ҳосил қилиш учун катод нурлари йўлига антикатод, яъни вольфрам ёки платинадан қилинган пластинка жойлаштирилди (153-расм). Бу нурларнинг фақат шиша орқали эмас, балки кўзга кўринувчан нурлар ўта олмайдиган бошқа кўп моддалардан ҳам ўта олиши аниқланди (масалан, картон, ёғоч, органик тўқималар ва ҳатто металллар орқали ўта олади, алюминийга 10 см гача, қўрғошинга эса 1 см гача кира олади).

Рентген нурларининг асосий хоссалари: улар кўзга кўринмайди; баъзи моддаларга химиявий таъсир кўрсатади; турли моддаларни нурлантиради; газларни ионлаштиради; тўғри чизиқ бўйича тарқалади; магнит майдонида ҳам, электр майдонида ҳам оғмайди, бинобарин, улар зарядли зарралар оқими эмас; организм ҳужайраларига кучли физиологик таъсир кўрсатади; юқори ўтувчанлик хоссасига эга.

Бу хоссалари туфайли рентген нурларини медицинада ва техникада қўллаш мумкин. Рентген нурлари ёрдамида одамнинг ўпкаси, юраги, ошқозони, умуртқаларини ёритиш ва уларнинг касаллигини аниқлаш, чиққан, синган жойларини, — ёт жисмлар (ўқ, снаряд осколкларини ва бошқаларни) аниқлаш, гипс қилинган суякларнинг бир-бирига бирикишини кузатиш мумкин. Бундан ташқари, рентген нурлари билан тери касалликларини даволаш мумкин. Бу нурлар техникада, масалан, қўймалар, қотишмалар ва машиналарнинг масъул деталларидаги ёриқлар, коваклар ва бошқа нуқсонларни аниқлаш; тез айланувчи газ трубиналарнинг пулат парракларидаги; самолёт парракларидаги, кесувчи инструментларидаги нуқсонларни; буғ қозонларининг

электр билан пайвандланган чокларининг сифатини текшириш; музыка асбобларига ишлатиладиган ёғочларнинг сифатини текшириш; қутисини очмасдан туриб консерваларнинг сифатини текширишда (агар консерва бузилган бўлса, рентген нури тушганда ёруғлик чиқаради) ва бошқа мақсадларда ишлатилади.



153-расм.

Рентген нурлари олинadиган қурилма юксак кучланиш трансформатори, юксак кучланишли ўзгарувчан токни юксак кучланишли ўзгармас токка айлантириб берувчи кенотрон ва рентген трубкадан иборат.

Ҳозирги вақтда асосан Кулидж трубкаси кенг ишлатилади, у чўғланувчи катодли трубкадир (154-расм). Бу трубканинг тузилиши қуйидагичадир: ичидан ҳавоси 10^{-7} мм сим. уст. гача сўриб олинган баллон ичига вольфрамдан ясалган ясси

К спиралдан иборат катод ўрнатилган бўлиб, катоднинг ўзи металл цилиндр ичига солиб қўйилган. Махсус чўғланиш трансформаторидан берилadиган ток бу спирални чўғлантиради. Анод (антикатод) сифатида ичи бўш мис цилиндр асо-



154-расм.

сига кавшарланган А вольфрам ёки платина пластинка хизмат қилади. Баъзи махсус трубкаларда антикатод пластинкаси кумуш, молибден, мис ёки темирдан ясалadi. Катоди чўғлантириладиган рентген трубкасида ўзгарувчан ток туғриланади ҳам, чунки бу трубка айни вақтда кенотрон ҳамдир. Медицинада диагностика (касалликни аниқлаш) мақсадларида 60 000 В гача кучланишга мўлжалланган, техникада эса 80 000 дан 1 250 000 В га мўлжалланган рентген трубкалари ишлатилади.

Тадқиқотлар рентген нурлари тўлқин узунлиги жуда қисқа (0,01 дан 0,00001 мк гача) бўлган электромагнитик тўлқинлар эканлигини кўрсатди. Катод нурлари, яъни ҳаракатланувчи электронлар анод сиртига етганида тўсатдан тўхтайди. Бироқ учиб бораётган ҳар бир электрон, ток сингари, магнит майдонига эга. Электрон тўсатдан тўхтаганда магнит майдонининг (яъни учиб бораётган электрон билан бирга кетаётган магнит майдонининг) кучланганлиги ҳам дарҳол ўзгаради. Ана шу онда фазонинг қўшни нуқталарида электр майдони пайдо бўлади, бу майдон ўзгариб магнит майдони ҳосил қилади ва ҳоказо. Рентген нурлари деб аталувчи қисқа электромагнитик импульслар ана шу тарзда пайдо бўлади ва тарқалади. Баён қилинган ҳодисадан ташқари, антикатод сиртидан унинг атомлари тўлқин чиқаради. Шундай қилиб, рентген нурлари зарядли зарралар оқими эмас, балки ёруғлик нурларига ўхшаган нурлардир, яъни тўлқин узунлиги жуда қисқа (10^{-9} дан 10^{-6} см гача) бўлган электромагнитик тўлқинлардир.

Ўз ўзини текшириш учун саволлар

1. Электр резонанс ҳодисаси нима ва электромагнитик тўлқинларни пайқашда унинг қандай аҳамияти бор?
 2. Иккита тебраниш контурини резонанс ҳолатига қандай қилиб келтириш мумкин?
 3. А. С. Поповнинг хизматлари нимада?
 4. Энг содда радиотелеграф станцияси қандай тузилган?
 5. Энг содда радиотелефон станцияси қандай тузилган?
 6. Тебранишларни модуллаш нима?
 7. Энг содда детекторли приёмник қандай тузилган?
 8. Тебранишларни детектирлаш нима?
 9. Радиопередатчик ва радиоприёмникнинг принципиал схемалари қандай бўлади?
 10. Рентген нурлари нима ва бу нурлар қандай ҳосил қилинади?
 11. Рентген нурларининг қандай хоссалари бор?
 12. Рентген нурлари қаерларда ишлатилади?
-

ОПТИКА ВА АТОМ ТУЗИЛИШИ

VIII БОБ

**ЎРУҒЛИҚНИНГ ТАБИАТИ.
ЎРУҒЛИҚНИНГ ТАРҚАЛИШИ.
ФОТОМЕТРИЯ**

97- §.

Ўруғликнинг табиати

Ўруғликнинг моҳияти, унинг табиати ҳақидаги масала асрлар давомида олимларни қизиқтириб келган.

1675 йилда инглиз олими Исаак Ньютон ўруғлик назариясини таклиф қилди. Бу назарияга мувофиқ, ўруғлик тез ҳаракатланувчи жуда кичик зарралар — корпускулалар (латинча «корпускула» — «жажжи жисм» деган сўзни билдиради) оқимидан иборат бўлиб, уларни нур сочаётган жисм чиқаради ва улар кўзга тушиб, кўриш сезгиси уйғотади. Бу назарияга мувофиқ, ўруғликнинг қайтиши корпускулаларнинг қайтарувчи сиртдан худди эластик шарчаларнинг қаттиқ сиртдан қайтиши қонунлари сингари қонунларга кўра итарилиши деб тушунтирилади. Рангларнинг фарқ қилиши корпускулаларнинг катталигига боғлиқ: энг йирик корпускулалар қизил ранг, энг майдалари бинафша ранг сезгиси уйғотади деб тушунтирар эди.

Бу назария ўша вақтда маълум бўлган ўруғлик ҳодисаларини қониқарли тушунтирар эди ва Ньютоннинг обрусси туфайли узоқ вақт умум томондан тан олинди.

Ньютон назарияси билан деярли бир вақтда голландиялик олим Гюйгенс 1690 йилда ёруғликнинг тўлқиний назариясини таклиф қилди ва бу назария корпускуляр назарияга қарама-қарши қўйилди. Бошқа кўп олимлар, жумладан М. В. Ломоносов ҳам ёруғлик табиатига шу нуқтаи назардан қарар эдилар. Бу назарияга мувофиқ, ёруғлик тўлқиний процессдир.

Ёруғликнинг қайтиш ҳодисаси барча тўлқинлар учун ўринли бўлган қонунга мувофиқ тушунтирилади: *қайтиш бурчаги тушиш бурчагига тенг.*

Рангларнинг фарқ қилиши худди товуш тонлари фарқининг товуш тўлқинлари узунлигига боғлиқ бўлгани сингари, ёруғлик тўлқинининг узунликларидаги фарқига боғлиқ деб тушунтирилади.

Ёруғлик тарқаладиган муҳитни Гюйгенс дунё эфири деб атади. Ёруғликнинг тарқалиши, ҳаводаги товуш тебранишларига ўхшаш, эфирнинг механик эластик тебраниши деб тасаввур қилинди. Бироқ ёруғликнинг табиати ва тарқалишига оид бундай қараш эфир ҳақидаги механик тасаввурлар доирасида ҳал қилиш мумкин бўлмаган қатор қийинчиликларга дуч келди.

Астроном Ремер Юпитер йўлдошларининг тутилишини кузатиб ёруғликнинг тезлигини ҳисоблаб чиқди, бу тезлик 300000 км/с га яқин бўлиб чиқди, ҳолбуки товушнинг ҳаводаги тезлиги бундан деярли 1 млн. марта кичик. Дунё эфирининг эластик тебранишлари ҳақидаги механик тасаввурларга кўра, 300000 км/с тезлик олиши учун эфирнинг эластиклиги энг яхши нав пўлатнинг эластиклигидан кўплаб марта катта бўлиши керак.

Бироқ осмон jismlарининг жуда улкан ва доимий тезликлар билан (қаршиликсиз) ҳаракатланиши маълум эди, бундай бўлиши учун эса дунё эфирининг зичлиги ҳаддан ташқари кичик экан деб тахмин қилиш керак.

Бу зиддиятни дунё эфири ҳақидаги механик тасаввурларга асосланиб ҳал қилиш мумкин эмас эди.

1873 йилда инглиз физиги Максвелл вакуумда 300000 км/с тезлик билан тарқалувчи электромагнитик тўлқинлар табиатда мавжуд бўлиши кераклигини назарий равишда исбот қилиб, олға янги қадам қўйди. Бу хулосадан ёруғликнинг электромагнитик тўлқин эканлиги келиб чиқар эди. Бу тўлқинларни, аввал айтиб ўтилганидек, 1888 йилда немис физиги Герц тажрибада

ҳосил қилган эди. Рус олими П. Н. Лебедев ва бошқа олимларнинг кейинги тадқиқотлари электромагнитик тўлқинларнинг барча хоссалари ёруғлик тўлқинлари хоссалари билан бир хил эканини исботлади. Бу кашфиётлар XIX асрнинг охирида ёруғликнинг электромагнитик назарияси пайдо бўлишига олиб келди.

Бироқ тез орада ёруғлик таъсирида металлдан электронлар уриб чиқарилиши кашф қилинди ва бу ҳодиса қонунлари ўрганилди. Бу ҳодисанинг сабабини изохлаб бериш учун электромагнитик тўлқинлар алоҳида «порциялар» (яъни квантлар) тарзида чиқарилади деб тахмин қилиш зарур эди, ёруғлик квантлари фотонлар деб ном олди.

Совет олими С. И. Вавилов 1945 йилда ёруғлик квантларини бевосита кузатишга мўлжалланган асбоб ясади, бунинг натижасида ёруғликнинг квант (корпускуляр) табиати батамом исбот қилинди.

Ҳозирги замон тасаввурларига кўра, ёруғлик моддий ҳодиса бўлиб, баъзи ҳолларда узлуксиз электромагнитик тўлқинлар хоссаларини, баъзи ҳолларда ёруғлик квантлари (яъни фотонлар) хоссаларини намоён қилади. Бинобарин, ёруғликнинг ўзи тўғрисида тўла тасаввур берувчи назарияси унинг тўлқиний ва квант хоссаларининг синтези бўлиши керак.

98- §.

Ёруғлик манбалари. Ёруғлик нурлари. Ёруғликнинг тўғри чизиқ бўйлаб тарқалиш қонуни

Атрофимиз ёруғ ёки қоронғи бўлишидан қатъи назар, бизга кўринадиган ва теварак-атрофга ўзи ёруғлик сочадиган жисмлар ёруғлик манбалари дейилади.

Ёруғлик манбалари табиий ва сунъий бўлади. Қуёш, юлдузлар, атмосферадаги нур сочувчи газлар (чақмоқ, қутб ёғдуси) ва баъзи тирик организмлар, масалан, баъзи балиқлар, ҳашаротлар, ёғочни чиритадиган баъзи микроблар ва бошқалар ёруғликнинг табиий манбалари жумласига киради.

Электр ёйи, керосин лампаси, шам ва шунга ўхшашлар ёруғликнинг сунъий манбаларидир.

Барча ёруғлик манбаларининг нур энергияси бошқа энергиялар ҳисобига ҳосил бўлади. Масалан, электр лампочкасидаги чўғланган тола электр токи энергияси ҳисобига ёруғлик чиқаради, чириётган нарсалар химиявий энергия ҳисобига нур сочади.

Ҳамма ҳолларда ҳам ёруғлик чиққанда нурланаётган жисмларнинг энергияси камаяди; нур сочаётган жисм қанча энергия йўқотса, ёруғлик ютаётган жисм шунча энергия олади.

Ёруғликнинг тарқалиши ёруғлик тўлқинлари энергиясининг кўчишидан иборатдир. Агар Қуёш нурини дарчадаги кичкина думалоқ тешик орқали ўтказиб, четдан туриб қарасак, чанг ҳавода ингичка ёруғ дастани кўрамиз — бу ёруғлик шуъласидир. Тешикни кичрайтириб, биз шуълани ингичкалаштиришимиз мумкин, бироқ уни чексиз ингичка қилиш мумкин эмас. Ингичка ёруғлик шуъласининг жойлашишини кўрсатувчи чизиқ ёруғлик нури бўлади. Шундай қилиб, ёруғлик нурлари геометрик тушунчадир. *Йўналишлари фазонинг ихтиёрӣй нуқтасида ёруғлик энергиясининг кўчиши йўналиши билан уст-ма-уст тушган геометрик чизиқлар ёруғлик нурлари дейилади.*

Кузатишлар бир жинсли шаффоф муҳитда ёруғлик нурлари тўғри чизиқлар бўлишини кўрсатади, яъни *бир жинсли муҳитда*

ёруғлик тўғри чизиқ бўйлаб тарқалади. Ёруғлик учун шаффоф бўлмаган жисмлар орқасида соялар ҳосил бўлишини (155-расм) ёки юқорида айтилган ҳаводаги чанг зарраларининг Қуёш нурларида ёритилишини кузатиб бунга ишониш мумкин.



155- расм.

99- §.

Гюйгенс принципи

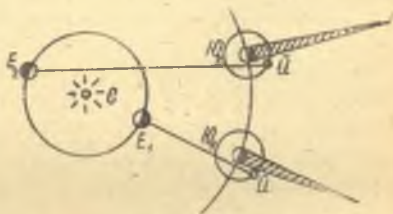
Ҳозирги замон тасаввурларига кўра, ёруғлик электромагнитик тўлқиндир. Манбадан чиқаётган ёруғлик турли йўналишларда тарқалади.

Бирор пайтда тебранишлар бориб етган нуқталарнинг геометрик ўрни *тўлқин fronti* деб аталади. Тўлқин fronti фазонинг тўлқин процесси бўлаётган соҳасини ҳали тўлқинлар ҳосил бўлмаган соҳасидан ажратиб туради.

Бир хил фаза билан тебранаётган нуқталарнинг геометрик ўрни *тўлқиний сирт* деб аталади. Тўлқиний сиртлар шакли ҳар қандай бўлиши мумкин, уларнинг энг соддалари текислик ва сферадир.



156- расм.



157- расм.

Агар бирор пайтда тўлқин fronti бир вазият олган бўлса (156- расмдаги туташ эгри чизик), бирор вақт ўтгандан сўнг янги вазият олади (пунктир эгри чизик). Бу ҳодисани Г юйгенс принципи изоҳлаб беради: *тўлқин фронтининг ҳар бир нуқтаси янги сферик тўлқинлар манбаи бўлиб қолади*. Бу барча элементар тўлқинларнинг ўрамаси тўлқин фронтининг янги вазияти бўлади.

Ёруғлик тўлқинининг fronti кўчадиган чизик ёруғлик нури бўлади, деб айтиш мумкин. Изотроп муҳитларда ёруғлик нури тўлқин фронтига перпендикуляр бўлади.

100- §.

Ёруғликнинг тарқалиш тезлиги

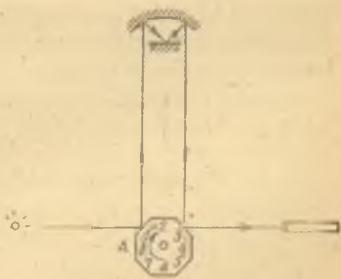
1675 йилда даниялик олим Рёмер (1644—1710) Юпитер планетаси йўлдошларининг айланишларига доир астрономик кузатишлардан ёруғликнинг тарқалиш тезлигини аниқлади (157- расм).

Ремер Юпитер йўлдошларидан бирининг тутилишини кузатиб, E_1 Ер Юпитерга энг яқин турганда йўлдошнинг сояга кириш вақтини ва соядан чиқиш вақтини аниқ белгилади. Бундан ярим йил ўтгач, яъни E_2 Ер Юпитердан энг узоқда турганда кузатишларини такрорлаб, Ремер йўлдошнинг кўриниши (соядан чиқиши) ҳисоблаб топилганига қараганда деярли 1000 с кечикканини аниқлади. Ремер бу ҳодисанинг сабабини қуйидагича изоҳлади: ёруғлик биринчи ҳолдагига нисбатан тахминан 300000000 км га фарқ қилувчи каттароқ йўлни ўтган. Ёруғликнинг ҳаракатланиш вақти ва босиб ўтган йўлни аниқлаб, Ремер ёруғликнинг тезлигини ҳисоблаб чиқарди, бу тезлик 300000 км/с га тенг бўлиб чиқди.

Кейинчалик ёруғлик тезлигини турли олимлар физик усуллар билан ўлчади.

Ёруғлик тезлигини ўлчашнинг физик методларидан энг аниғи америкалик олим Майкельсоннинг (1852—1931) 1926—1929 йилларда ишлаб чиққан методидир. Вильсон тоғида ёруғликнинг кучли манбаи ўрнатилган бўлиб, у A кўзгунинг биринчи ёғига ёруғлик нури туширади (158- расм). Нурлар қайтгандан сўнг Сан-Антонио тоғига қараб кетади. У ерда нурлар бир неча марта қайтгандан кейин орқага кетиб, A кўзгунинг тахминан учинчи ёғига тушар ва кўриш трубази орқали кузатувчининг кўзига тушар эди. Нурнинг бориб келишида босиб ўтадиган йўл 70,8526 км га тенг эди.

Нурнинг бориб келишига кетадиган вақтни аниқлаш учун саккиз ёқли кўзгу қўлланилди. Кузатиш шундай олиб борилди: кузатувчи ёруғликни қўзғалмас кўзгуда тутиб, сўнгра кўзгу айлантрилди. Кўзгунинг айланиш тезлигини орттириб, ёруғлик манбаини кўришга муваффақ бўлинди. Ёруғлик манбаи айланаётган кўзгуда кўринадиган булиши учун ёруғликнинг бир тоғдан иккинчисига бориб, ундан орқага қайтиб келганигача ўтган вақт ичида кўзгу роса $\frac{1}{8}$ айланишга бурилиши керак. Кўзгунинг айланиш



158- расм.

тезлиги катта аниқлик билан ўлчанган. Тажрибалардан бирида кўзгунинг айланиш тезлиги 528,76 айл/с бўлган. Бир марта айланиш вақти $1/528,76$ с, $1/8$ айланиш вақти эса 8 марта кам, яъни $1/528,76 \cdot 8$ с бўлган. Бу вақт ичида кўзгунинг бир ёғи иккинчи қўшни ёғи ўрнига келишга, ёруғлик эса 35,4263 км йўлни икки марта босиб ўтишга (Сан-Антонио тоғига бориб, орқага қайтиб келишга) улгурган.

Бу тажрибадан ёруғликнинг ҳаводаги тезлиги 299 711 км/с га тенг экани аниқланган. Бу тезликни вакуумдаги (ҳавосиз фазодаги) тезликка келтирганда 299 796 км/с га тенг қиймат олинган. Шунинг учун ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги яхлитлаб 300 000 км/с га тенг деб олинади.

1850 йилда француз физиги Л. Фуко биринчи бўлиб ёруғликнинг сувдаги тезлигини аниқлашга муваффақ бўлди. Сувдаги тезлик ҳаводаги тезликдан кичик бўлиб чиқди. Кейинги тажрибалар ёруғликнинг ҳар қандай муҳитдаги тезлиги унинг вакуумдаги тезлигидан ҳаммаша кичик бўлишини кўрсатди.

Нурланишнинг муҳитда тарқалиш тезлигининг унинг вакуумдаги тезлигига нисбатан камайишини характерловчи катталиқ бу муҳитнинг *оптик зичлиги* дейилади.

Модданинг *абсолют синдириш кўрсаткичи* шу модданинг оптик зичлиги ўлчови бўлади. Оптик зичликни физика курсининг биринчи қисмида киритилган модда зичлиги тушунчаси билан аралаштириб юбориш ярамайди. Моддаларнинг зичликлари турлича бўлгани ҳолда уларнинг оптик зичликлари бир хил бўлиши мумкин (масалан, сув ва метил спирти, кварц ва төш тузи).

Вакуумнинг оптик зичлиги бирга тенг деб олинади. Шунини қайд қилиш керакки, нурланиш бир муҳитдан иккинчи муҳитга ўтганда ёруғлик тебранишларининг частотаси ўзгармайди. Тўлқиннинг узунлиги эса ёруғликнинг тарқалиш тезлигига тўғри пропорционал равишда ўзгаради.

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Ёруғлик табиати ҳақидаги тасавурлар қандай ривожланган?
2. Қандай жисмлар ёруғлик манбалари деб аталади ва улардан қайсылари муҳим аҳамиятга эга?
3. Ёруғлик нурлари нима ва уларнинг бир жинсли муҳитда тарқалиш қонуни қандай?

4. Ремернинг ёруғлик тезлигини аниқлаш усули қандай?
5. Ёруғлик тезлигини Майкельсон қандай аниқлаган?
6. Қуёш Ердан 150 000 000 км узоқда бўлса, ёруғлик Ерга қанча вақтда етиб келади?

Ж а в о б и: 8 мин. 20 с.

101- §.

Ёруғлик оқими. Ёруғлик кучи

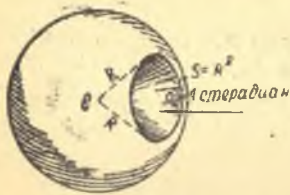
Ёруғлик тўлқинлари ёруғлик манбаидан атрофдаги фазога энергия олиб боради. Агар бирор юзга t вақт давомида энергияси W бўлган ёруғлик тушаётган бўлса, бу нурланишнинг қуввати $\frac{W}{t}$ га тенг бўлади.

Маълум бир юзга тушаётган нурланиш қуввати билан ўлчанадиган катталиқ Φ ёруғлик оқими дейилади. Ёруғлик манбаларининг кўпчилиги ёруғликни ҳамма йўналишларда тарқатади, шунинг учун тўлиқ ёруғлик оқими тушунчаси киритилган.

Барча йўналишлардаги нурланиш қуввати билан ўлчанадиган катталиқ ёруғлик манбаининг тўла Φ_T ёруғлик оқими дейилади.

Агар ёруғлик манбаи ёруғликни барча йўналишлар бўйлаб текис тарқатаётган бўлса ва унинг ўлчамлари ёруғлик таъсири ўлчанаётган масофада анча кичик бўлса, бундай ёруғлик манбаи нуқтавий манба деб аталади. Масалан, юлдузларнинг ўлчамлари жуда улкан, бироқ улар Ердан нихоятда узоқда жойлашганки, уларни ёруғликнинг нуқтавий манбалари деб олиш мумкин.

Биз фойдаланадиган ёруғлик манбалари, масалан, электр лампалари, шамлар ва бошқалар ёруғликни барча йўналишларда бир хил тарқатмайди. Шам алангаси горизонтал йўналишда кўпроқ ёруғлик оқими бериб, вертикал йўналишда камроқ ёруғлик тарқатади. Электр лампа ёруғликни олдинга ёки ён томонларига кўпроқ бериб, орқа томонига камроқ беради, чунки лампанинг ўзи шундай қилиб ясалган. Тегишли арматуралардан фойдаланиб, биз ёруғлик оқимини керакли йўналишда юборишимиз, уни ингичка конуссимон шуъла қилиб йиғишимиз мумкин.



159- расм.

Нуқтавий ёруғлик манбаи (С) ни кўз олдимишга келтирайлик (159-расм). Унинг атрофида R радиусли шар сирти чизамиз. Унда фикран шундай шар сектори (учи шар марказида бўлган конус) қирқиб олайликки, унинг асоси шар сиртида S юзни эгалласин. Бу конус сирти билан чегараланган фазо фазовий бурчак Ω деб аталади, бу бурчак

катталиги $\Omega = \frac{S}{R^2}$ формула билан ҳисобланади.

Агар $S = R^2$ бўлса, фазовий бурчак бирга тенг бўлади ва *стерадиан* (ср) деб аталади. Шарнинг тўла сирти $4\pi R^2$ га тенг бўлгани учун R^2 га тенг юз шар сиртида 4π марта жойлашади, бинобарин, нуқта атрофидаги фазовий бурчак 4π стерадианга тенг бўлади.

Ёруғлик манбаини маълум бир йўналиш бўйлаб чиқараётган ёруғлик оқими катталигига нисбатан характерлаш учун ёруғлик кучи тушунчаси киритилади. *Ф ёруғлик оқимининг бу оқим тарқалаётган Ω фазовий бурчак катталигига нисбати билан ўлчанадиган катталик ёруғлик кучи (I) деб аталади:*

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

СИ системасида ёруғлик кучининг ўлчов бирлиги асосий бирлик ҳисобланади ва *кандела* (кд) деб аталади.

Кандела — тўла нурлагич кесимининг $1/600\,000$ м² юздан бу кесимга перпендикуляр йўналишда платинанинг 101325 Па босимда қотиш температурасига тенг температурада чиқарган ёруғлик кучидир.

Ёруғлик кучининг

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

формуласидан оқимни топамиз:

$$\Phi = I\Omega.$$

Агар $I = 1$ кд, $\Omega = 1$ ср бўлса, у ҳолда $\Phi = 1$ лм бўлади, яъни *ёруғлик кучи 1 кд бўлган нуқтавий манбаининг*

бир стерадиан фазовий бурчак ичида чиқарган ёруғлик оқими люменъ дейилади.

Агар нуқтавий манба ёруғликни ҳамма йуналишлар бўйлаб текис тарқатаётган бўлиб, фазовий бурчак $\Omega = 4\pi$ ср бўлса, унинг тўла ёруғлик оқими $\Phi_T = \Omega I = 4\pi I$ бўлади, яъни

$$\Phi_T = 4\pi I.$$

Мисоллар кўриб чиқамиз.

1. Ёруғлик кучи 25 кд бўлган нуқтавий ёруғлик манбаи чиқараётган тўла ёруғлик оқимини аниқланг.

$I = 25$ кд экани маълум. Энди $\Phi_T = 4\pi I$ формуладан фойдаланиб,

$$\Phi_T = 4 \cdot 3,14 \cdot 25 \text{ лм} = 314 \text{ лм эканини топамиз.}$$

2. Гула ёруғлик оқими 6280 лм. Манбанинг ёруғлик кучини аниқланг. $\Phi_T = 6280$ лм экани маълум. $\Phi_T = 4\pi I$ формуладан

$$I = \frac{\Phi_T}{4\pi} \text{ эканини топамиз.}$$

Сон қийматларини қўйиб, I ни ҳисоблаб топамиз:

$$I = \frac{6280}{4 \cdot 3,14} \text{ кд} = 500 \text{ кд.}$$

102- §.

Ёритилганлик

Ёруғлик жисмларга тушиб, уларни ёритади. Ёритишни объектив равишда баҳолаш учун ёритилганлик тушунчаси киритилган.

Ёруғлик оқимининг ўзи тушаётган сирт юзига нисбати билан ўлчанадиган катталиқ ёритилганлик дейилади.

Агар E — ёритилганлик, Φ — ёруғлик оқими, S — сирт юзи бўлса, у ҳолда

$$E = \frac{\Phi}{S}.$$

$S = 1$ бўлганда $E = \Phi$ бўлади. Бундан ёритилганлик сон жиҳатидан юз бирлигига тушаётган ёруғлик оқимига тенг эканлиги келиб чиқади. СИ системасида $\Phi = 1$ лм, $S = 1 \text{ м}^2$ бўлгани учун ёритилганлик бирлиги

$$[E] = \frac{1 \text{ лм}}{1 \text{ м}^2} = 1 \text{ лк (люкс).}$$

1 м² сиртнинг унда 1 лм ёруғлик оқими текис тақсимлангандаги ёритилганлиги люкс деб аталади. Агар китобнинг шу саҳифасига қарасак, унинг ёритилганлиги бир хил, шунга қарамай оқ қоғоз юзида ҳарфлар аниқ кўринади. Бунинг сабаби шуки, оқ қоғоз ва қора ҳарфлардан (агар тенг сиртлар олинса) кўзга турли оқимлар тушади. Ёруғлик оқими чиқарётган сиртнинг айрим соҳаларининг турлича кўринишини характерловчи катталик *ёрқинлик* дейилади ва *B* ҳарфи билан белгиланади. Ёруғлик чиқараётган сиртнинг ҳар бир нуқтаси ўз ёрқинлиги билан характерланади.

Текис ёритишда ёрқинликни шундай формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$B = \frac{I}{S},$$

бу ерда *I* — манбанинг ёруғлик кучи, *S* — ёруғлик чиқараётган сирт юзи.

СИ системасида *I* = 1 кд, *S* = 1 м² ва бунда

$$[B] = \frac{1 \text{ кд}}{1 \text{ м}^2} = 1 \text{ кд/м}^2.$$

Квадрат метрга кандела — ёруғлик сочувчи 1 м² сирт юзининг ёруғлик кучи 1 кд бўлгандаги ёрқинлигидир.

Агар ёруғлик сочувчи сиртнинг ёрқинлиги 10⁻⁶ кд/м² дан 1,6 · 10⁶ кд/м² гача бўлса, одам уни кўра олади. Ёрқинликнинг юқори чегарасида кўзда огриқ сезила бошлайди.

Мисоллар кўриб чиқамиз.

1. 5 лм ёруғлик оқими 500 см² юзли чизмага тушяпти. Чизманинг ёритилганлигини люкс ҳисобида аниқланг.

$$\Phi = 5 \text{ лм}, S = 500 \text{ см}^2 = 0,05 \text{ м}^2 \text{ эканлиги маълум.}$$

Ёритилганликни қуйидаги формуладан топамиз:

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{5 \text{ лм}}{0,05 \text{ м}^2} = 100 \text{ лк.}$$

2. 40 лм бўлган ёруғлик оқимидан қандай юзада 50 лк ёритилганлик ҳосил қилиш мумкин?

E = 50 лк, *Φ* = 40 лм экани маълум. *E* = *Φ*/*S* формуладан *S* ни топамиз:

$$S = \frac{\Phi}{E} = \frac{40}{50} \text{ м}^2 = 0,8 \text{ м}^2.$$

Ёритилганлик қонунлари .

Кузатишларнинг кўрсатишича, буюмларнинг ёритилганлиги манбанинг ёруғлик кучига ва манбадан ёритилаётган сиртгача бўлган масофага боғлиқ ҳолда ўзгарар экан. Бу боғланишни аниқлайлик. Ёритилаётган сирт марказида ёруғлик кучи I бўлган нуқтавий манба турган R радиусли шар бўлсин.

Бу ҳолда нурлар ёритилаётган сиртнинг ҳар қандай элементига (қисмига) перпендикуляр бўлади.

Ёруғлик кучи I бўлган манбанинг барча йўналишлар бўйлаб сочаётган тула ёруғлик оқими $\Phi_T = 4\pi I$ бўлади. Бутун шар сиртнинг юзи $S = 4\pi R^2$. Бу сиртнинг ёритилганлиги

$$E = \frac{\Phi_T}{S} = \frac{4\pi I}{4\pi R^2} = \frac{I}{R^2}$$

ёки

$$E = \frac{I}{R^2}.$$

Бу боғланиш ёритилганликнинг биринчи қонунини ифодалайди: *нуқтавий ёруғлик манбадан чиқаётган перпендикуляр нурлар билан ёритилган сиртнинг ёритилганлиги манбанинг ёруғлик кучига тўғри пропорционал ва ундан ёритилаётган сиртгача бўлган масофа квадратига тескари пропорционал.*

Мисол.

Ёруғлик кучи 40 кд бўлган лампа қандай масофада 0,1 лк ёритилганлик ҳосил қилади?

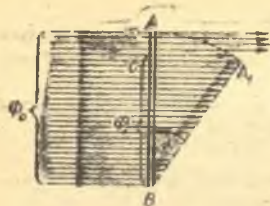
$I = 40$ кд, $E = 0,1$ лк эканлиги маълум. $E = \frac{I}{R^2}$ формуладан

$$R^2 = \frac{I}{E} \text{ эканини топамиз, бундан } R = \sqrt{\frac{I}{E}}.$$

Сон қиймагларини қўйиб чиқиб R ни ҳисоблаб топамиз:

$$R = \sqrt{\frac{40 \text{ кд}}{0,1 \text{ лк}}} = \sqrt{400 \text{ м}^2} = 20 \text{ м}.$$

Кузатишлар нурларнинг тушиш бурчаги (*нурлар йўналиши ва ёритилаётган сиртга туширилган перпендикуляр орасидаги бурчак*) ўзгарганда ёритилганлик ўзгаришини кўрсатади. Бу боғланишни аниқлайлик.



160- расм.

Перпендикуляр нурларнинг Φ_0 оқими юзи S ва узунлиги AB бўлган тўғри тўртбурчак сиртига тушаётган бўлсин (160-расм). Бу ҳолда сиртнинг ёритилганлиги

$$E_0 = \frac{\Phi_0}{S}.$$

Юзни бирор α бурчакка оғдирамиз, унда сирт A_1B вазиятни олади ва унга камроқ Φ_1 оқим тушади, чунки нурларнинг бир қисми сиртга тушмай ўтиб кетади.

Бу ҳолда сирт юзи ўзгармаганлиги сабабли сиртнинг ёритилганлиги камаяди ва $E_1 = \frac{\Phi_1}{S}$ га тенг бўлиб қолади.

Иккинчи тенгликни биринчига бўламиз:

$$E_1 : E_0 = \frac{\Phi_1}{S} : \frac{\Phi_0}{S}$$

ёки

$$\frac{E_1}{E_0} = \frac{\Phi_1}{\Phi_0}.$$

Чизмадан $\frac{\Phi_1}{\Phi_0} = \frac{BC}{AB} = \frac{BC}{A_1B}$ экани кўриниб турибди.

Кейинги икки тенгликни солиштирамиз:

$$\frac{E_1}{E_0} = \frac{BC}{A_1B}.$$

Тўғри бурчакли CBA_1 учбурчакдан

$$\frac{BC}{A_1B} = \cos \alpha$$

деб ёзиш мумкин. Буни юқоридаги $\frac{E_1}{E_0} = \frac{BC}{A_1B}$ формулага қў-

йиб, $\frac{E_1}{E_0} = \cos \alpha$ деб ёзиш мумкин, бундан

$$E = E_0 \cos \alpha.$$

Бу боғланиш ёритилганликнинг иккинчи қонунини ифода-
далайди: юзнинг қия нурлар билан ёритилганлиги нур-
ларнинг тушиши бурчаги косинусига тўғри пропорционал-
дир.

Мисол.

60° бурчак остида тушувчи қия нурлар билан ёритилаётган юзнинг ёритилганлиги 100 лк га тенг. Бу юзнинг перпендикуляр нурлар билан ёритилгандаги ёритилганлигини аниқлаш.

$E_1 = 100$ лк, $\alpha = 60^\circ$ эканлиги маълум. $E_1 = E_0 \cos \alpha$ формуладан қуйидагини топамиз. $E_0 = \frac{E_1}{\cos \alpha} = \frac{100 \text{ лк}}{\cos 60^\circ} = \frac{100 \text{ лк}}{0,5} = 200 \text{ лк}$.

Ёритилганликнинг иккала қонунини бирлаштириб, шундай ёзиш мумкин:

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \alpha$$

Нуқтавий ёруғлик манбаининг бирор юзда ҳосил қилган ёритилганлиги манбаининг ёруғлик кучига ва нурларнинг тушиш бурчаги косинусига тўғри пропорционал ва манбадан юзгача бўлган масофа квадратига тесқари пропорционал.

Завод ва фабрикаларнинг цехларида, конструкторлик бюроси ва устахоналарда ёритиш тармоғининг қурилиши ва ўрнатилишига махсус талаблар қўйилади, чунки иш жойининг ёритилганлиги жадвалда келтирилган нормаларга мос келиши керак.

Энг характерли ҳоллардаги ёритилганлик	E , лк
Павильонда кинога олинца	10 000
Чизма ишлари ва бошқа нозик ишлар қилинадиган жойда	100 — 200
Синф ва лабораторияларда ўқиш учун	75 гача
Коридор ва зиналарда	15 гача

42- масала. Думалоқ столнинг ўртасида 1,5 м баландликда ёруғлик кучи 200 кд бўлган лампочка осилган. Столнинг диаметри 1 м бўлса, стол чеккасидаги ёритилганлик нимага тенг бўлади (161- расм)?

Б е р и л г а н :

$$h = 1,5 \text{ м}; \quad r = 0,5 \text{ м}; \quad I = 200 \text{ кд}$$

$$E_A = ?$$

Е ч и л и ш и

1. Пифагор теоремасидан

$$R^2 = h^2 + r^2, \quad R = \sqrt{h^2 + r^2}$$

эканини топамиз.

2. Нурларнинг тушиш бурчаги косинусини ҳисоблаймиз:

$$\cos \alpha = \frac{h}{R}$$

3. Стол чеккасидаги (A нуқтадаги) ёритилганликни аниқлаймиз:

$$E_A = \frac{I}{R^2} \cos \alpha = \frac{Ih}{(h^2 + r^2)\sqrt{h^2 + r^2}}.$$

4. Сон қийматларини қўйиб ҳисоблаймиз:

$$\begin{aligned} E_A &= \frac{200 \text{ кд} \cdot 1,5 \text{ м}}{[(1,5 \text{ м})^2 + (0,5 \text{ м})^2] \sqrt{(1,5 \text{ м})^2 + (0,5 \text{ м})^2}} = \\ &= \frac{200 \text{ кд}}{2,5 \text{ м}^2} \cdot 0,95 = 76 \text{ лк}. \end{aligned}$$

43- масала. Ҳовлида 4 м баландликка 200 ва 500 кд ли икки лампа осиб қўйилган. Лампалар ораси 3 м. Ҳар лампа остида ернинг ёритилганлигини ҳисобланг (162- расм).

Берилган:

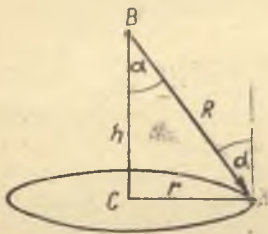
$$h = 4 \text{ м}; l = 3 \text{ м}; I_1 = 200 \text{ кд}; I_2 = 500 \text{ кд}.$$

$$E_C - ?$$

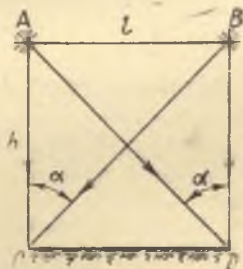
$$E_D - ?$$

Ечилиши

1. Пифагор теоремасига мувофиқ $R^2 = h^2 + l^2$, бундан $R = \sqrt{h^2 + l^2}$, бу ерда $R = AD = BC$.



161- расм.



162- расм.

2. Нурлар тушиш бурчагининг косинусини ҳисоблаймиз: $\cos \alpha = \frac{h}{R}$.

3. C нуқтада биринчи лампа ҳосил қилган ёритилганлик $E_{1C} = \frac{I_1}{h^2}$ эканини ва C нуқтада иккинчи лампа ҳосил қилган ёритилганликни аниқлаймиз:

$$E_{2C} = \frac{I_2}{R^2} \cos \alpha = \frac{I_2 h}{h^2 + l^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{h^2 + l^2}}.$$

4. C нуқтада иккала лампа ҳосил қилаётган ёритилганлик:

$$E_C = E_{1C} + E_{2C} = \frac{I_1}{h^2} + \frac{I_2 h}{h^2 + l^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{h^2 + l^2}}.$$

Б. D нуқтада иккинчи лампа ҳосил қилаётган ёритилганлик

$$E_{2D} = \frac{I_2}{h^2}$$

ва D нуқтада биринчи лампа ҳосил қилаётган ёритилганлик

$$E_{1D} = \frac{I_1}{R^2} \cos \alpha = \frac{I_1 h}{h^2 + l^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{h^2 + l^2}}.$$

6. D нуқтада иккала лампа ҳосил қилаётган ёритилганлик

$$E_D = E_{2D} + E_{1D} = \frac{I_2}{h^2} + \frac{I_1 h}{h^2 + l^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{h^2 + l^2}}.$$

7. Сон қийматларини қўйиб, E_C ва E_D ни ҳисоблаб топамиз.

$$E_C = \frac{200 \text{ кд}}{16 \text{ м}^2} + \frac{500 \text{ кд} \cdot 4 \text{ м}}{(4 \text{ м})^2 + (3 \text{ м})^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{(4 \text{ м})^2 + (3 \text{ м})^2}} =$$

$$= 12,5 \text{ лк} + 16 \text{ лк} = 28,5 \text{ лк};$$

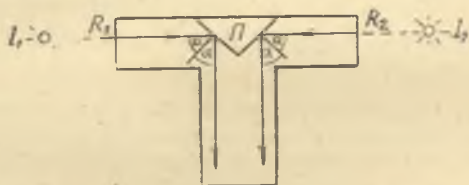
$$E_D = \frac{500 \text{ кд}}{16 \text{ м}^2} + \frac{200 \text{ кд} \cdot 4 \text{ м}}{(4 \text{ м})^2 + (3 \text{ м})^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{(4 \text{ м})^2 + (3 \text{ м})^2}} =$$

$$= 31,25 \text{ лк} + 6,4 \text{ лк} = 37,65 \text{ лк}.$$

104- §.

Фотометр. Ёруглик кучини ўлчаш

Ёруглик кучини таққослаш учун ишлатиладиган асбоблар фотометрлар дейилади. Энг содда фотометрлардан бири (163- расм) оққа бўялган учёқли Π призмадан иборат



163- расм.

бўлиб, у кузатувчи кўзини бегона нурлардан муҳофаза қилувчи металл қутича дарчасига қўйилган.

Фотометр масштабни чизғич устига қўйилади ва призманинг ўртаси баландлигида унинг икки томонига ёруглик

кучи жиҳатидан таққосланадиган иккита ёруғлик манбаи қўйилади. Манбаларни бундай жойлаштирганда призманинг ҳар бир ёғини фақат бир манба ёритади. Ёруғлик фотометр ичига кириб, призмани ёритади. Фотометрни ёруғлик манбалари орасида силжитиб, призманинг икки ёғи барабар ёритилишига эришилади ва шундан сўнг қўйидаги мулоҳазаларга мувофиқ манбанинг ёруғлик кучи ҳисобланади: ёруғлик кучи I_1 бўлган манба R_1 масофадан туриб

$$E_1 = \frac{I_1}{R_1^2} \cos \alpha$$

ёритилганлик беради, ёруғлик кучи I_2 бўлган манба эса R_2 масофадан туриб

$$E_2 = \frac{I_2}{R_2^2} \cos \alpha$$

ёритилганлик ҳосил қилади, фотометрни $E_1 = E_2$ бўладиган қилиб жойлаштиради қўйидагини ҳосил қиламиз:

$$\frac{I_1}{R_1^2} \cos \alpha = \frac{I_2}{R_2^2} \cos \alpha \text{ ёки } \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

Икки манбанинг ёруғлик кучлари нисбати манбалардан бирдай ёритилаётган сиртгача бўлган масофалар квадратларининг нисбати кабилар (ёруғлик кучи қонуни).

Бир манбанинг ёруғлик кучини билган ҳолда, иккинчи манбанинг ёруғлик кучини топиш мумкин. Юқорида баён қилинган фотометрда призма икки ёғининг барабар ёритилгани киши кўзининг сезишига қараб субъектив равишда аниқлангани учун унчалик аниқ натижалар олиб бўлмайди. Ёруғлик кучини аниқлашнинг объектив методи фотозлементларни қўллашга асосланган.

44- масала. Ёруғлик кучи 100 ва 400 кд бўлган икки электр лампочка бир-бирдан 3 м масофага қўйилган. Ҳар икки томони барабар ёритилиши учун хира экранни бу лампочкалар орасига қаерга қўйиш керак?

Берилган:

$$\frac{I_1 = 100 \text{ кд}; \quad I_2 = 400 \text{ кд}; \quad l = 3 \text{ м.}}{R - ?}$$

Ечилиши

1. Ёруғлик кучи қонунига мувофиқ:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R^2}{(l - R)^2}$$

$$\frac{100}{400} = \frac{R^2}{(3-R)^2}, \quad \frac{1}{4} = \frac{R^2}{9-6R+R^2}; \quad 4R^2 = R^2 - 6R + 9;$$

$$3R^2 + 6R - 9 = 0; \quad R^2 + 2R - 3 = 0; \quad R = -1 \pm \sqrt{1+3} = -1 \pm 2; \quad R_1 = 1 \text{ м};$$

$R_2 = -3$ м ечим масаланинг шартини қаноатлантирмайди. Экрам 100 кд лампочкадан 1 м масофада жойлаштирилиши керак.

105- §.

Люксметр

Фабрика, завод, касалхона, мактаб, театр ва бошқа биноларни лойиҳалашда зарур ёритилганликни билиш керак бўлади.

Бирор иш жойининг ёритилганлигини билиш учун ёритилганликни ўлчайдиган кучма асбоб — люксметр ишлатилади.

Люксметр ёрдамида бинонинг ҳар қандай жойидаги ёритилганликни билиш мумкин, шунинг учун ундан инженерлар, архитекторлар, врачлар, педагоглар ва бошқа шахслар муваффақият билан фойдаланадилар.

Люксметр бир учига электр лампочкаси ўрнатилган узун тор яшикдан иборат бўлиб, бу лампочка маълум кучланишда ёнади (толанинг бирдай чуғланиши учун). Яшикнинг уст томонига оқ картон ёпилган бўлиб, унда бир-биридан баравар узоқликда тешиклар очилган, бу тешикларга юпқа тиниқ қоғоз тутиб қўйилган. Лампага яқинроқ турган тешиклар картоннинг ташқи нурлар билан ёритилаётган сиртига нисбатан ёруғроқ бўлиб кўринади. Лампадан узоқроқдаги тешиклар картоннинг текширилаётган ёруғлик билан ёритилган сиртига қараганда қоронғироқ бўлиб кўринади. Ёруғлиги картон сиртининг фони билан бир хил буладиган битта тешик бўлади. Бу ҳол бинонинг шу еридаги ёритилганлик люксметр лампочкасининг айни шу тешик тўғрисида бераётган ёритилганликка тенг эканини билдиради, бу тешикнинг ёритилганлиги аввалдан ҳисобланиб люкс ҳисобида ёзиб қўйилган.

Ҳозирги замон люксметрларида фотоэлементлар қўлланилади.

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Ёруғлик оқими деб нимага айтилади?
2. Тўла ёруғлик оқими деб нимага айтилади?
3. Люмен нима?
4. Манбанинг ёруғлик кучи деб нимага айтилади?
5. Ёруғлик кучи қандай бирликлар билан ўлчанади?
6. Ёритилганлик деб нимага айтилади ва у қандай бирликлар билан ўлчанади?
7. Ёритилганликнинг биринчи қонунини ифодаланг ва исбот қилинг.
8. Ёритилганликнинг иккинчи қонуни қандай ўқилади ва қандай исбот қилинади?
9. Фотометр нима?
10. Ёруғлик кучи қонуни нимадан иборат ва у қандай исбот қилинади?
11. Ёруғлик кучи 100 кд булган нуқтавий манба чиқараётган тўлиқ ёруғлик оқимини аниқланг.

Жавоб и: 1256 лм.

12. Ёруғлик кучи 200 кд бўлган электр лампа нурлари сиртга перпендикуляр тушаётган бўлса, бу лампа 2 м масофада қандай ёритилганлик ҳосил қилади?

Жавоби: 50 лк.

13. Қуёшнинг тўғри тушаётган нурлари 100 000 лк ёритилганлик ҳосил қилади. 1000 кд ли лампадан қандай масофада худди шундай ёритилганлик ҳосил қилиш мумкин?

Жавоби: 0,1 м масофада.

14. 25 ва 100 кд ли икки лампа бир-бирдан 1 м масофада жойлашган. Фотометр иккала томондан бир хил ёритилиши учун уни бу лампалар орасида қаерга қўйиш керак?

Жавоби: Кичик лампадан $1/3$ м масофага қўйиш керак.

ЁРУГЛИКНИНГ ҚАЙТИШИ

106- §.

Ёругликнинг қайтиш ҳодисаси.
Ёругликнинг қайтиш қонунлари

Ёругликнинг бир жинсли муҳитда тўғри чизиқ бўйлаб тарқалиши бизга маълум. Агар ёруглик икки муҳит чегарасига тушса, ёругликнинг тўғри чизиқ бўйлаб тарқалиши бузилади, чунки нурларнинг бир қисмини жисмнинг сирти нурлар келган муҳитга қайтариб юборади.

Нур ўзи тарқалаётган муҳитда қолгани ҳолда икки муҳит чегарасида йўналишини ўзгартириши қайтиши деб аталади.

АО тушувчи нур билан нурнинг тушиш нуқтасида икки муҳит чегарасига ўтказилган ОС перпендикуляр орасидаги бурчак α тушиш бурчаги дейилади; ОВ қайтган нур билан нурнинг тушиш нуқтасида икки муҳит чегарасига ўтказилган ОС перпендикуляр орасидаги бурчак β қайтиш бурчаги дейилади (164- расм).

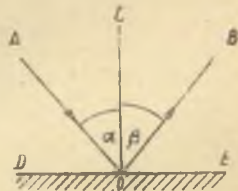
Қайтган ёруглик миқдори ёругликнинг сиртга тушиш бурчагига боғлиқ бўлади.

Тушиш бурчаги катталашганда қайтган ёруглик миқдори ҳам ортади; тушиш бурчаги кичрайганда қайтган ёруглик миқдори ҳам камаяди.

Буни табиатда Қуёш ботиши олдидан кузатиш мумкин: бу вақтда Қуёшнинг ўзи (унинг нурлари атмосферада кучли ютилгани учун) одатдагидек ёрқин бўлмасада, сокин сув сиртидан қайтган ёруглик жуда ёрқин бўлади. Қайтиш қонунлари қадимдан маълум бўлиб (улар бизнинг эрамыздан 305 йил аввал яшаган Эвклидга ҳам маълум эди), тажриба йўли билан топилган.

Биринчи қонун: *тушувчи ва қайтган нурлар икки муҳит чегарасига нурнинг тушиш нуқтасида ўтказилган перпендикуляр билан бир текисликда ётади.*

Иккинчи қонун: *қайтиш бурчаги тушиш бурчагига тенг.* Ёругликнинг



164- расм.

қайтиш қонунидан нурларнинг қайтувчанлик (тескарилик) хоссаси келиб чиқади: агар тушувчи нурни қайтган нур йўналишида юборсак, янги қайтган нур аввалги тушувчи нур йўналишида кетади.

107- §.

Ясси кўзгу. Текис қайтиш ва тарқоқ қайтиш.

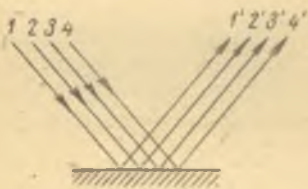
Ясси кўзгуда нукта ва буюм тасвирларини яшаш.

Ясси кўзгу сувнинг сокин сирти, дераза ойнасининг сирти, металл буюмнинг ясси сирти сингари силлиқ ясси сиртдир.

Параллел нурлар шуъласи ясси кўзгуга тушишда ва ундан қайтишда параллел шуълагигича қолади (165-расм). Бундай қайтиш текис қайтиш ёки кўзгусимон қайтиш дейилади.

Ғадир-будур сиртга тушаётган параллел нурлар шуъласи қайтгандан сўнг параллел нурлар бўлмай қолади. Бундай қайтиш тарқоқ қайтиш ёки диффуз қайтиш дейилади (166-расм).

Ясси кўзгу олдида турган S ёруғлик сочувчи нуктадан иккита нур: кўзгуга перпендикуляр бўлган SB нур ва кўзгуга олма SA нур чиқаётган бўлсин (167-расм). Биринчи нур ўша



165-расм



166-расм.



167-расм.

BS тўғри чизиқ бўйича қайтади, иккинчи нур эса AD тўғри чизиқ бўйича қайтади. Иккала нур кузатувчининг кўзига тушганда, унинг назарида нурлар худди нурларнинг фикрий давомларининг кесишишида ётган S_1 нуқтадан чиқаётгандек туюлади. Бундай ҳолда S_1 нуқта ёруғлик сочаётган S нуқтанинг мавҳум тасвири дейилади, чунки бу нуқтада нурлар аслида кесишмайди. Қайтган нурлар кесишган нуқта ёруғлик сочаётган нуқтанинг ҳақиқий тасвири дейилади. Қайтган нурларнинг давомлари кесишадиган нуқта ёруғлик сочаётган нуқтанинг мавҳум тасвири дейилади. Чизмадан $\triangle SBA = \triangle S_1BA$ экани кўриниб турибди (иккала учбурчак ҳам тўғри бурчакли, умумий AB катетга ва унга ёпишган тенг ўткир бурчакка эга). Учбурчакларнинг тенглигидан $SB = BS_1$ экани келиб чиқади. Шундай қилиб, ёруғлик сочаётган S нуқта ва унинг S_1 мавҳум тасвири ясси кўзгуга нисбатан симметрик жойлашган.

Бу хоссадан фойдаланиб буюмнинг ясси кўзгудаги тасвири ни нуқталар тўплами сифатида яшаш мумкин.

Бунинг учун буюмнинг ҳар бир нуқтаси учун кўзгуга нисбатан унга симметрик бўлган нуқтани топиш керак. Шундай қилиб, *буюм ва унинг мавҳум тасвири ясси кўзгуга нисбатан симметрикдир.*

Ясси кўзгулар трамвай, троллейбус, автобус ва бошқа транспорт машиналарида йўловчиларнинг чиқиш ва тушишларини, шунингдек орқада келаётган транспорт ҳаракатини кузатиш учун ишлатилади. Ясси кўзгу проекцион аппаратларда, масалан, расмлар, схемалар, чизмаларнинг катталаштирилган тасвирларини экранда ҳосил қиладиган эпидиаскопда ишлатилади.

Ясси кўзгу перископда ҳам ишлатилади. Кўзгули шкалалар гальванометрлар, барометрлар ва бошқа асбобларда ишлатилади.

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Ёруғликнинг қайтиши деб нимага айтилади?
2. Нурнинг тушиш бурчаги деб қандай бурчакка айтилади?
3. Нурнинг қайтиш бурчаги деб қандай бурчакка айтилади?
4. Ёруғликнинг қайтиш қонуларининг моҳияти нима?
5. Ёруғлик нурларининг қандай қайтиши текис қайтиш дейилади?
6. Ёруғлик нурларининг қандай қайтиши тарқоқ қайтиш дейилади?
7. Ёруғлик сочаётган нуқтанинг ясси кўзгудаги тасвири қаерда ҳосил бўлади ва бу тасвир қандай тасвир бўлади?
8. Ясси кўзгуда буюмнинг қандай тасвири ҳосил бўлади?
9. Ясси кўзгулар қаерларда ишлатилади?

10. Нур кўзгуга перпендикуляр тушмоқда. Агар кўзгунининг 20° га буриласа, қайтган нур тушувчи нурдан неча градус оғади?

Жавоб и: 40° .

11. Вертикал тушаётган нур горизонтал қайтиши учун кўзгунининг қандай қўйиш керак?

Жавоб и: Нурларга 45° бурчак қиялатиб қўйиш керак.

12. Қуёш нурлари 40° бурчак остида тушмоқда. Нурлар вертикал қайтиши учун кўзгунининг қандай қўйиш керак?

Жавоб и: Кўзгунининг горизонтга 20° бурчак остида қиялатиб қўйиш керак.

ЁРУҒЛИҚНИНГ СИНИШИ

108- §.

Ёруғликнинг синиш ҳодисаси

Ёруғлик тиниқ жисм сиртига тушганида ёруғликнинг бир қисми бу сиртдан қайтади, қолган қисми жисм ичига киради ва унда тарқалади. Агар нурлар сиртга перпендикуляр бўлмаса, жисмга киришда уларнинг йўналиши ўзгаради.

Бундай ҳодиса ёруғликнинг синиши дейилади.

Шундай қилиб, *бир тиниқ муҳитдан иккинчисига ўтишида нур чегарада ўз йўналишини ўзгартирса, бундай ҳодиса ёруғликнинг синиши дейилади.*

Тушувчи нур билан нурнинг икки муҳит чегарасига тушиш нуқтасидан ўтказилган перпендикуляр орасидаги бурчак тушиш бурчаги дейилади; синган нур билан нурнинг икки муҳит чегарасига тушиш нуқтасидан ўтказилган перпендикуляр орасидаги бурчак синиш бурчаги дейилади. Нур оптик зичлиги камроқ бўлган муҳитдан оптик зичлиги каттароқ бўлган муҳитга ўтганида синиш бурчаги тушиш бурчагидан кичик бўлади ва, аксинча, нур оптик зичлиги каттароқ бўлган муҳитдан оптик зичлиги кичикроқ бўлган муҳитга ўтганида синиш бурчаги тушиш бурчагидан катта бўлади (168- расм).

Қайси муҳитда ёруғликнинг тарқалиш тезлиги кичик бўлса, ўша муҳит оптик жиҳатдан зичроқ бўлади.

Ёруғлик синишида нурларнинг айланувчанлик хоссаси намён бўлади: агар тушувчи нурни синган нур йўналишида юборилса, янги синган нур аввалги тушувчи нур йўналишида кетади. Ёруғлик тўлқини бир муҳитдан



168- расм.

иккинчи муҳитга ўтган вақтда ёруғлик тўлқини fronti-нинг ҳаракат йўналиши ўзгаради.

109- §.

Ёруғликнинг синиш қонунлари. Синдириш кўрсаткичи

Ёруғликнинг синиш қонунларини 1620 йилда Снеллиус кашф қилган. 1637 йилда Декарт уларни тугал ифодалаган. Биринчи қонун: *тушувчи ва қайтган нурлар нурнинг икки муҳитнинг ажралиш чегарасига тушиш нуқтасида ўтказилган перпендикуляр билан бир текисликда ётади* (қ. 168-расм).

Иккинчи қонун: *тушиш бурчаги синусининг синиш бурчаги синусига нисбати тайинли икки муҳит учун ўзгармас катталиқдир; бу катталиқ иккинчи муҳитнинг биринчи муҳитга нисбатан нисбий кўрсаткичи (n) дейилади:*

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n.$$

Ёруғликнинг биринчи муҳитдаги тезлигини ўлчаб ва унинг қийматини иккинчи муҳитдаги тезлигига бўлиб, иккинчи муҳитнинг биринчи муҳитга нисбатан синдириш кўрсаткичига тенг катталиқни ҳосил қиламиз. Бинобарин, нисбий синдириш кўрсаткичининг физик маъноси шуки, у ёруғликнинг шу муҳитлардаги тезликлари нисбати катталигини билдиради, яъни

$$\frac{v_1}{v_2} = n.$$

Бу хулоса ёруғликнинг тўлқиний назариясидан келиб чиқади.

Шундай қилиб, *нисбий синдириш кўрсаткичи ёруғликнинг синишига қадар юрган муҳитдаги тезлигининг ёруғлик сингандан кейин юрган муҳитдаги тезлигига нисбати билан ўлчанадиган катталиқдир.* Икки муҳитдан қайси бирида ёруғлик тезлиги кичик, яъни синдириш кўрсаткичи катта бўлса, уша муҳитнинг оптик зичлиги катта бўлишини биз биламиз. Турли муҳитларнинг синдириш кўрсаткичлари турлича бўлади. Турли рангдаги ёруғлик учун айти бир муҳитда синдириш кўрсаткичлари бирмунча фарқ қилади: тўлқин узунли-

ги қисқа бўлган нурлар учун синдириш кўрсаткичи катта; узун тўлқинли нурлар учун синдириш кўрсаткичи кичик бўлади.

Агар ёруғлик вакуумдан бирор муҳитга ўтаётган бўлса, масалан, Қуёшдан Ер атмосферасига ўтаётган ёки электрон лампа чўғланиш толасидан баллони шишасига ўтаётган бўлса, бу ҳолда синдириш кўрсаткичи абсолют синдириш кўрсаткичи ($n_{абс}$) дейилади.

Ёруғликнинг вакуумдаги тезлигини c билан, бирор муҳитдаги тезлигини v билан белгиласак:

$$n_{абс} = \frac{c}{v}.$$

Шундай қилиб, абсолют синдириш кўрсаткичи ёруғликнинг вакуумдаги тезлигининг тайинли бир муҳитдаги тезлигига нисбати билан ўлчанадиган катталиқдир.

Бизни ўраб турган ҳаво зичлиги турлича бўлган қатламлардан иборат, шунинг учун Қуёш нурлари ёки бошқа осмон ёритгичларининг нурлари Ерга тўғри чизиқ бўйлаб эмас, синиқ чизиқ бўйлаб келади. Ёруғлик нурлари атмосферанинг бир қатлампидан иккинчисига ўтишида синади. Ҳавонинг зичлиги аста-секин ўзгаргани учун ёруғлик нурлари ҳам аста-секин эгриланиб боради. Бу ҳодиса рефракция деб аталади.

Ёруғликнинг рефракцияси туфайли ёритгичларни биз горизонт устида бир оз кўтарилган тарзда кўраемиз, масалан, Қуёш ва Ой горизонтдан пастга тушиб кетган бўлса-да, кўриниб туради. Шунинг учун ўрта минтақаларда кун 10—15 минутга узун бўлади. -

Юлдузларнинг милтиллаши ҳам рефракция ҳодисаси туфайли юз беради. Ерқин юлдузлар тўхтовсиз равишда гоҳ чақнаб, гоҳ сўниб тургандек бўлади. Бунга сабаб шуки, ҳаво оқимлари ва қуюнлар ҳавонинг зичлиги турлича бўлган қатламларини аралаштириб туради ва бу эса ёритгичлардан келаётган ёруғлик нурларини кўплаб марта оғдириб юборади. Бунинг натижасида кузатувчи кўзига ёруғлик гоҳ кўп, гоҳ кам тушади.

Агар жазирама ёз кунлари узоқдаги буюмларга қаралса, уларнинг тасвирлари жимирлаётганини кўриш мумкин.

Бу ерда ҳам ҳавонинг турлича қизиши ва унинг қатламларининг аралашishi натижасида ҳосил бўладиган рефракция ҳодисаси юз беради.

45- масала. Синдириш кўрсаткичи 1,6 бўлган шиша пластинкага ҳавода ёруғлик нури тушмоқда. Қайтган ва синган нурлар орасидаги бурчак 90° га тенг эканини билган ҳолда нурнинг тушиш бурчагини аниқланг (169- расм).

Б е р и л г а н:

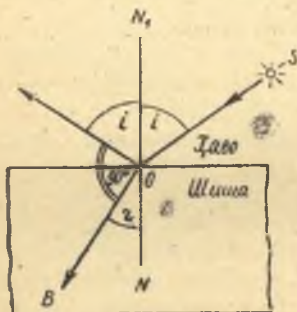
$$n=1,6; \angle AOB=90^\circ.$$

$i=?$

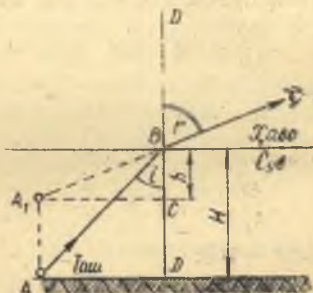
Е ч и л и ш и

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) геометрик яшашдан $i+r=90^\circ$ эканини биламиз, бундан $r=90^\circ-i$;



169- расм.



170- расм.

б) нур оптик зичлиги камроқ муҳитдан оптик зичлиги каттароқ муҳитга ўтгани учун ёруғлик синишининг иккинчи қонуни қуйидаги кўринишда бўлади:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \text{ ёки } n = \frac{\sin i}{\sin (90^\circ - i)}$$

Бирок $\sin (90^\circ - i) = \cos i$, бинобарин, $n = \frac{\sin i}{\cos i} = \operatorname{tg} i$.

2. Ҳисоблаймиз: $1,6 = \operatorname{tg} i$;

Бурчак катталигини тригонометрик функциялар жадвалидан топамиз: $i=58^\circ$.

46- масала. Одам кўл тубида ётган тошга қараб турибди (170- расм). Кўриш нури билан сиртга ўтказилган перпендикуляр орасидаги бурчак 70° га тенг бўлса, кўлнинг чуқурлиги бу кишига қанча камайиб кўрилади? Сувнинг синдириш кўрсаткичи $n=1,33$.

Б е р и л г а н:

$$r = 70^\circ; n = 1,33, BD = H, BC = h; AD = A_1C = l.$$

$$\frac{H}{h} \text{ ---?}$$

Ечилиши

1. Ёруғлик нурининг тушиш бурчагини аниқлаймиз. Нур оптик зичлиги кўпроқ муҳитдан оптик зичлиги камроқ муҳитга ўтгани учун ёруғлик синишининг иккинчи қонуни

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n}$$

кўринишда бўлади, бундан

$$\sin i = \frac{\sin r}{n} = \frac{\sin 70^\circ}{1,33} = \frac{0,9397}{1,33} \approx 0,707;$$

тригонометрик функциялар жадвалидан бурчакни топамиз: $i = 45^\circ$.

2. Кўлнинг ҳақиқий чуқурлиги унинг кўринма чуқурлигидан неча марта катта эканлигини ҳисоблаб топамиз.

Тўғри бурчакли $\triangle ABD$ дан қуйидагини топамиз:

$$\frac{BD}{AD} = \text{ctg } i \text{ ёки } \frac{H}{l} = \text{ctg } i,$$

бундан

$$H = l \text{ctg } i.$$

Тўғри бурчакли $\triangle A_1CB$ дан:

$$\frac{BC}{A_1C} = \text{ctg } r \text{ ёки } \frac{h}{l} = \text{ctg } r,$$

бундан $h = l \text{ctg } r$.

Нисбат тузамиз ва унга сон қийматлари қўйиб ҳисоблаймиз.

$$\frac{H}{h} = \frac{l \text{ctg } i}{l \text{ctg } r} = \frac{\text{ctg } 45^\circ}{\text{ctg } 70^\circ} \approx 2,75.$$

47-масала. Ҳовуз тубига бутунлай сувга ботиб турадиган қилиб қозик-оёқ тик қоқилган (171-расм.) Агар ҳовузнинг чуқурлиги 2 м, нурларнинг тушиш бурчаги 45° бўлса, қозик-оёқнинг ҳовуз тубидаги сояси узунлиги нимага тенг бўлади?

Берилган:

$$n = 1,33, i = 45^\circ, h = 2 \text{ м};$$

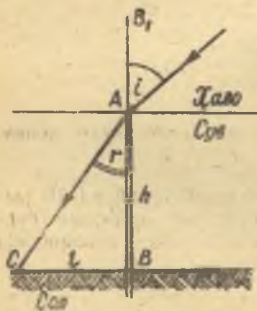
$$l = ?$$

Ечилиши

1. Синиш бурчагини аниқлаймиз. Ёруғлик нурлари ҳовудан сувга ўтгани учун

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

бўлади, бундан



171-расм.

$$\sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sin 45^\circ}{1,33} = \frac{0,707}{1,33} \approx 0,531; r = 32^\circ.$$

2. Соянинг узунлигини ҳисоблаймиз. Тугри бурчакли $\triangle ABC$ дан:

$$\frac{CB}{AB} = \operatorname{tg} r \text{ ёки } \frac{l}{h} = \operatorname{tg} r,$$

бундан: $l = h \cdot \operatorname{tg} r = 2\text{ м} \cdot \operatorname{tg} 32^\circ = 2\text{ м} \cdot 0,625 = 1,25 \text{ м}.$

48-масала. Сувга қўйилган ёғ сув юзига ёйрилиб кетган. 40° бурчак остида тушаётган ёруғлик нури ёғдан сувга ўтади. Ёғнинг синдириш кўрсаткичи ҳавога нисбатан $n_1 = 1,6$, сувнинг синдириш кўрсаткичи ҳавога нисбатан $n_2 = 1,33$ эканлигини билган ҳолда нурнинг сувдаги синиш бурчагини аниқланг.

Берилган:

$$\frac{n_1 = 1,6, n_2 = 1,33, i = 40^\circ}{r = ?}$$

Ечилиши

1. Ёғнинг сувга нисбатан синдириш кўрсаткичини аниқлаймиз:

$$n = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1,6}{1,33} \approx 1,2.$$

2. Синиш бурчагини топамиз. Ёруғлик нури оптик зичлиги кўпроқ муҳитдан (ёғдан) оптик зичлиги камроқ муҳитга (сувга) ўтаётгани учун

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n}$$

муносабатга риоя қилинади; бундан

$$\sin r = 1,2 \sin 40^\circ = 1,2 \cdot 0,6428 = 0,77136; r = 50^\circ 30'.$$

Уз-узини текшириш учун машқлар

1. Ёруғликнинг синиши деб нимага айтилади?
2. Ёруғликнинг синиш қонунларини таърифлаб беринг.
3. Нисбий синдириш кўрсаткичининг физик маъноси қандай?
4. Абсолют синдириш кўрсаткичининг физик маъноси қандай?
5. Нима учун бир учи сувга туширилган таёқча сингандек қурнади? Сабабини айтиб беринг. Синиш қайси йўналишда бўлади?
6. Икки муҳитнинг ажралиш чегарасига перпендикуляр тушаётган нур спинадими?
7. Қаерда ёруғлик тезлиги катта бўлади: сувдами ёки ҳаводами?
8. Икки булакни бир-бирига ёпиштирилган жойи кўринмайдиган қилиб елимлаб бўладими? Бунда елимнинг синдириш кўрсаткичи қандай бўлиши керак?

9. Олмоснинг абсолют синдириш кўрсаткичи 2,4 га тенг эканлигидан фойдаланиб, ёруғликнинг олмосдаги тезлигини аниқланг.

Ж а в о б и: 125 000 км/с.

10. Ёруғлик нури шиша пластинкага 58° бурчак остида тушяпти. Қайтган ва синган нурлар орасидаги бурчак 90° бўлса, шишанинг синдириш кўрсаткичи нимага тенг бўлади?

Ж а в о б и: 1,6.

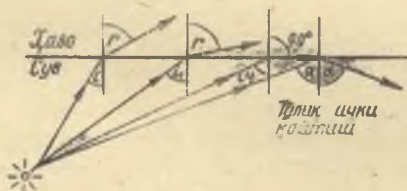
11. Агар ҳовузнинг тубига қараётган кишининг кўриш нури билан сув сиртига ўтказилган перпендикуляр орасидаги бурчак 45° бўлса, ҳовуз чуқурлигининг кўринма камайиши қанча?

Ж а в о б и: Ҳовуз чуқурлиги ҳақиқий қийматидан 1,6 марта камайиб кўринади.

110- §.

Тўла ички қайтиш

Нурларнинг ингичка шуъласини сувдан ҳавога йўналтирамиз, бунда ёруғлик нурлари ҳавога чиқишда синиш бурчаги тушиш бурчагидан каттароқ бўлади (172- расм).



172- расм.

Тушиш бурчагини катталаштира борамиз, бунда синиш бурчаги ҳам катталашади ва тушиш бурчаги бирор $i_{\text{чег}}$ (чегаравий) қийматга эришганда синиш бурчаги 90° га тенг бўлади, бинобарин, синган нур икки муҳит чегарасида (сув сиртида) тарқалади.

Синган нур икки муҳит чегарасида тарқаладиган ҳолдаги тушиш бурчаги чегаравий бурчак ($i_{\text{чег}}$) деб аталади.

Сув сиртига чегаравий бурчакдан катта бурчак остида тушаётган нурлар сувдан ташқарига чиқолмай қолади ва тўлиқ ичкарига қайтади. Бундай ҳодиса тўла ички қайтиш деб аталади. Шундай қилиб, оптик зичлиги кичик муҳит чегарасига нурлар чегаравий бурчакдан катта бурчак остида тушганда тўла ички қайтиш юз беради.

Чегаравий бурчак катталигини ҳисоблаб топамиз. Нур оптик зичлиги кичик муҳитдан оптик зичлиги катта муҳитга ўтганда

$$\frac{\sin r}{\sin i} = n$$

муносабат ўринли бўлади, бу ерда n —иккинчи муҳитнинг биринчи муҳитга нисбатан синдириш кўрсаткичи, r —нурнинг тушиш бурчаги, i —синиш бурчаги.

Нур оптик зичлиги катта муҳитдан оптик зичлиги камроқ муҳитга ўтганда

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n}$$

муносабат ўринли бўлади, бу ерда i —тушиш бурчаги, r —синиш бурчаги.

Агар i тушиш бурчаги чегаравий $i_{\text{чег}}$ бурчак катталигига тенг бўлса, синган нур икки муҳит чегарасида тарқалади ва r бурчак 90° га тенг бўлади, бинобарин,

$$\frac{\sin i_{\text{чег}}}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n}$$

бундан

$$\sin i_{\text{чег}} = \frac{1}{n}$$

Бу муносабатдан чегаравий бурчак катталиги топилади. Масалан, олмос учун $n = 2,42$ бўлгани сабабли

$$\sin i_{\text{чег}} = \frac{1}{2,42} = 0,413$$

бўлади, тригонометрик функциялар жадвалидан бурчакни топамиз:

$$i_{\text{чег}} = 24^\circ$$

Тула ички қайтиш ҳодисаси табиатда куп учрайди. Сувдаги ёки шишадаги ҳаво пуфакчалари, олмос, шудринг томчилари, гавҳарлар ярқираб кўринади. Агар стакандаги сув сиртига пастдан қаралса, сув сирти қумушга ўхшаб кўринади. Буларнинг ҳаммаси тула ички қайтиш туфайли бўлади. Саробнинг юзага келиши ҳам тула ички қайтиш ҳодисаси билан боғлиқдир. Бунинг сабаби қуйидагича. Кундузи атмосферанинг қуйи қат-

ламлари (саҳрода) жуда кучли қизийди, шунинг учун уларнинг зичлиги юқориги қатламлар зичлигига қараганда камроқ.

Қандайдир бир жисмдан келаётган ёруғлик нурлари кучсиз синдирувчи қуйи қатламларга утаётиб, икки муҳит чегарасига ўтказилган перпендикулярдан тобора узоқлаша боради ва пировардида тулиқ ички қайтиб, ундан кейин юқорига кетади.

Кузатувчининг кўзига тушиб, улар сув сиртидаги каби тасвир беради. Бу ҳолда нурлар шундай эгиладики, қавариқ қисми ер сиртига қараган бўлиб қолади.

Бундай саробни иссиқ ёз кунларида фақат чўллардагина эмас, балки офтобда кучли қизиган асфальтланган ва гудрон ётқизилган йўлларда ҳам кузатиш мумкин.

Йўлнинг ялтирамайдиган силлиқ сирти узоқдан худди сув сепилгандек кўринади ва узоқдаги жисмларни акс эттиради. Бундай сароб кузатувчи киши жисмлардан жуда узоқда ва ерга яқин (масалан, автомобиль кабинасида) бўлганида кўринади.

Сароб осмонда ҳам кўринади. Бундай сароб ҳавонинг пастки қатламлари юқориги қатламларига қараганда совуқроқ, бинобарин, зичроқ бўлганда, масалан, эрталаб ҳавонинг ерга тегиб турган қуйи қатлами кучли совиганида бўлади.

Осмонда кўринадиган сароб қутб мамлакатларида кўп бўлади; жанубдан эсган шамоллар атмосферанинг юқориги қатламларига иссиқ ҳаво келтирганда, шунингдек, ҳавонинг қуйи қатламлари устки қатламларидан ҳаммиша совуқроқ бўладиган денгиз устида бу ҳодиса юз бериб, бунда қирғоқ, муз тоғлари ва ҳоказолар осмонга чиқиб кетгандек бўлиб кўринади.

Бу ҳолларда нурлар ҳавонинг зичроқ қатлампидан ўтиб, икки муҳит чегарасига ўтказилган перпендикулярдан узоқлашади (кўпроқ оғади) ва катта баландликда янада қизиган ҳаводан тўла равишда ички қайтади.

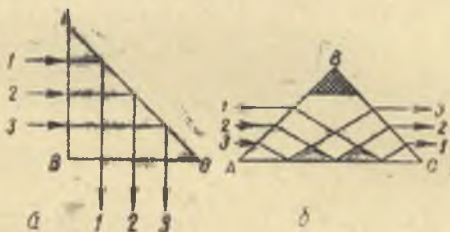
Кейин бу нурлар пастга кетиб кузатувчининг кўзига тушади, бунда улар ботиқ қисми ер сиртига қараган ҳолда эгилиб қолади.

Донадор ёки юпқа тиниқ моддалардан тузилган жисмларнинг унча тиниқ бўлмаслигига ҳам тўла ички қайтиш ҳодисаси сабаб бўлади. Қор муз кристаллари тўпламидан иборат бўлишига қарамасдан бизга оқ ва тиниқмас кўринади.

Тиниқ моддаларнинг доналари қанчалик кичик ва уларнинг синдириш кўрсаткичлари атрофдаги муҳитга нисбатан қанча катта бўлса, уларга ёруғлик нурлари шунчалик оз ўтади ва кун-кун марга синиб, тўла ички қайтади. Натижада тарқоқ қайтиш юз беради, бунда нурлар орқага қайтади. Туман тушганда ёки ҳавога булут чиққанда ҳавонинг тиниқлиги шу сабабдан камаяди.

Техникада тўла ички қайтишдан ертўлаларни кундузги ёруғлик билан ёритишда (бунинг учун ёруғлик йўналиши призма ёрдами билан ўзгартирилади), горизонтал тасвирларни вертикал экранга туширишда, шунингдек, қатор оптик асбобларда, масалан, сув ости кемасидаги перископда ва бошқаларда фойдаланилади. Шу мақсадда бурчаклари 45° бўлган тўғри бурчакли уч ёқли призмалар қўлланилади. Шишанинг чегаравий бурчаги 42° га тенг, AC ёққа (173-а расм) чегаравий бурчакдан катта (45°) бурчак остида тушаётган нур тўла ички қайтишга учрайди ва ундан тўлиғича қайтади. Ёруғлик нурларини бундай призма билан 90° га буриш мумкин. Бу ҳолда призма бурувчи призма деб аталади.

Шунингдек, ағдарма призмалар ҳам қўлланилади. Булар юқориги нурларни пастки, пастки нурларни юқориги нур қилиб ағдаради (173-б расм). Бундай призмалар биноклларда, проекцион аппаратларда олинган тасвирни ағдариб беришда қўлланилади.



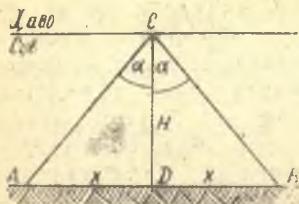
173- расм.

49- масала. Гаввос кўлнинг тубида 20 м чуқурликда турибди (174-расм). Кўл тубининг тинч сув сиртидан акс этиб гаввосга кўринадиган қисми ундан қанча масофада ётади?

Берилган:

$$n = 1,33; CD = H = 20 \text{ м.}$$

$$AB = ?$$



174- расм.

$x = H \operatorname{tg} \alpha$ бўлади, бу ерда $\alpha > i_{\text{чег}}$ масалан; $\alpha = 49^\circ$;

$$AB = 2x = 2H \operatorname{tg} 49^\circ = 2 \cdot 20 \text{ м} \cdot 1,15 = 46 \text{ м}.$$

Жаво би: ғаввос кўл тубининг ўзидан 46 м ва ундан узоқроқ масофадаги қисмларини кўриши мумкин.

111- §.

Нурнинг ясси-параллел пластинкадаги йўли

Параллел текисликлар билан чегараланган тиниқ пластинка оптикада ясси-параллел пластинка деб аталади. Кўзгу қилинадиган шиша ва сифатли қалин дераза ойнаси бундай пластинкага мисол бўла олади.

Пластинкага кираётган ёруғлик нури оптик зичлиги камроқ бўлган муҳитдан (ҳаводан) оптик зичроқ муҳитга (шишага) ўтаётганлиги учун перпендикулярга яқинлашади. Ёруғлик нури пластинкадан чиқишда перпендикулярдан узоқлашади, бундаги оғиш бурчаги кнришда яқинлашган бурчагига тенг бўлади, чунки нур оптик зичроқ муҳитдан (шишадан) оптик зичлиги камроқ муҳитга (ҳавога) ўтади.

Шундай қилиб, ёруғлик нури ясси-параллел пластинка орқали ўтишда ўз йўналишини ўзгартирмайди, фақат бир томонга бир оз сурилади. Бунга 175- расмда кўрсатилган тажриба ёрдамида ишонч ҳосил қилиш мумкин. Агар картонга тўғноғичларни пластинка орқали қаралганда улар бир тўғри чизиқда жойлашгандек кўринадиган қилиб қадаб, сўнгра пластинка олиб қўйилса, тўғноғичлар икки параллел тўғри чизиқда ётганини кўриш мумкин. Буни математик йўл билан ҳам исботлаш мумкин.

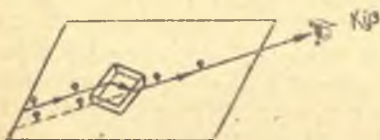
Ечилиши

1. Сув—ҳаво чегарасида тўла ички қайтишниинг чегаравий бурчагини аниқлаймиз:

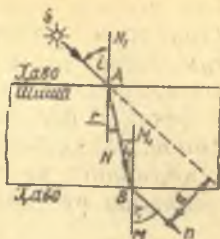
$$\sin i_{\text{чег}} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,33} \approx 0,752;$$

$$i_{\text{чег}} = 48^\circ.$$

2. Кўл тубининг сув сиртидан акс этиб ғаввосга кўринадиган қисми ғаввосдан энг камида қандай масофада бўлишини ҳисоблаб топамиз. Тўғри бурчакли ACD учбурчакдан



175- расм.



176- расм.

Еруглик нури ясси-параллел пластинкага тушаётган ва ундан ўтаётган бўлсин (176-расм). Нурнинг ҳаводан пластинкага ўтишида i тушиш бурчаги r синиш бурчагидан катта бўлади; бу бурчаклар бир-бирига қуйидаги муносабат билан боғланади:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n.$$

Нурнинг пластинкадан ҳавога чиқишида i_1 тушиш бурчаги r_1 синиш бурчагидан кичик бўлади; бу бурчаклар бир-бирига қуйидаги муносабат билан боғланади:

$$\frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{1}{n}.$$

Бу тенгликларни бир-бирига кўпайтириб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\frac{\sin i}{\sin r} \cdot \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = 1.$$

Бироқ $r = i_1$, чунки улар ички алмашинувчи бурчаклардир, шунинг учун $\sin r = \sin i_1$ ва охириги тенглик соддалашиб, қуйидаги кўринишга келади:

$$\frac{\sin i}{\sin r_1} = 1,$$

бундан $\sin i = \sin r_1$ ёки $i = r_1$.

Пластинка ёқлари параллел бўлганлиги учун бу ёқларга туширилган перпендикулярлар ҳам ўзаро параллел бўлади, модомики, $i = r_1$ бўлар экан, нурлар ҳам ўзаро параллел бўлади, яъни

$$SA \parallel BD.$$

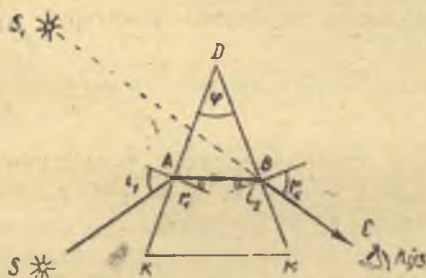
Биз шундай хулосага келамиз: нур ясси-параллел пластинкадан ўтганда бирор масофага силжийди ва тушаётган нурга параллел бўлиб чиқади. Буюмга ясси-параллел пластинка орқали қаралганда у ўзининг ҳақиқий ўрнидан бир томонга силжигандек бўлиб кўринади. Модданинг синдириш кўрсаткичи, пластинканинг қалинлиги ва нурнинг тушиш бурчаги ортиши билан силжиш катталиги (d) орта боради.

112- §.

Нурнинг уч ёқли призмадаги йўли

С буюмдан келаётган нур A нуқтада уч ёқли призмага тушиб синади ва призмада AB тўғри чизиқ бўйлаб кетади, призмадан чиқишда B нуқтада яна синиб, призма асосига томон бурилади ва BC тўғри чизиқ бўйлаб кетади (177-расм). Кузатувчига нур BC нурнинг давомидаги S_1 нуқтадан келаётгандек кўринади, яъни буюм призманинг φ синдириш бурчаги учига томон силжигандек туюлади.

Шундай қилиб, уч ёқли призмадан ўтаётган ёруғлик нури унинг асоси томониغا оғиб синади. Жисмнинг призмадаги тасвири мавҳум ва синдириш бурчаги учига бурилгандек кўринади.



177- расм.

Бунга ишонч ҳосил қилиш учун картонга тўғноғичларни уч ёқли призма орқали қаралганда улар бир тўғри чизиқда кўринадиган қилиб жойлаштирамиз, кейин призмани олиб, тўғноғичлар синиқ чизиқ бўйлаб жойлашганини кўрамиз.

1. Чегаравий тушиш бурчаги деб нимага айтилади?
2. Тўла ички қайтиш ҳодисасининг моҳияти нимада?
3. Ёруғлик нури сувдан шишага ўтишида тўла ички қайтиш ҳодисаси бўлиши мумкинми?
4. Чегаравий бурчак қандай формуладан ҳисоблаб топилади?
5. М. В. Ломоносов физикага онд мақолаларида шундай кузатишни келтиради: «Майдаланган шиша тиниқ эмас». Бу ҳодисанинг сабабини тушунтириб беринг.
6. Ҳаво билан чегараланган шиша учун тўла ички қайтишнинг чегаравий бурчагини ҳисоблаб топинг, $n=1,5$ эканлиги маълум.

Ж а в о б и: $\approx 42^\circ$.

7. Сув билан чегараланган олмос учун тўла ички қайтишнинг чегаравий бурчагини ҳисоблаб топинг. Олмоснинг абсолют синдириш кўрсаткичи 2,417, сувнинг абсолют синдириш кўрсаткичи эса 1,333.

Ж а в о б и: $i_{\text{чег}}=33^\circ 28'$.

8. Нур сув билан ҳаво чегарасига 60° бурчак остида тушади. У ҳавога чиқадими? Тушунтириб беринг.

9. Нурнинг ясси-параллел шаффоф пластинка орқали ўтиш йўлини чизиб беринг.

10. Ёруғлик нури шиша призманинг кичик ёғига перпендикуляр тушяпти. Бу призманинг кўндаланг кесими тенг ёнли тўғри бурчакли учбурчакдан иборат. Нурнинг призмадаги йўлини чизиб беринг.

11. Ёруғлик нури шиша призманинг катта ёғига перпендикуляр тушяпти. Бу призманинг кўндаланг кесими тенг ёнли тўғри бурчакли учбурчакдан иборат. Нурнинг призмадаги йўлини чизиб беринг.

113-§.

Линзалар. Линзанинг оптик кучи

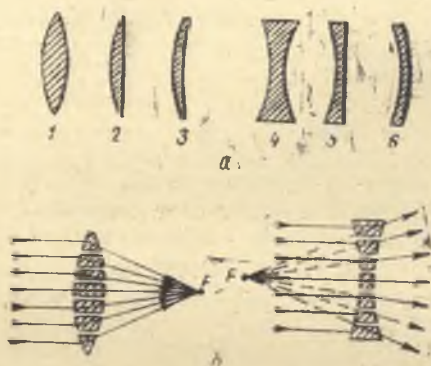
Сферик сиртлар билан чегараланган силлиқ шишалар линзалар деб аталади, булар техникада кенг қўлланиладиган бўлди. Линзалар оптик асбобларда, масалан, бинокль, фотоаппарат, киноаппарат, микроскоп, телескоп ва бошқаларда қўлланилади.

Линзаларнинг турлари: 1) икки ёқлама қавариқ, 2) ясси-қавариқ, 3) ботиқ-қавариқ, 4) икки ёқлама ботиқ, 5) ясси-ботиқ ва 6) қавариқ-ботиқ линза (178-а расм).

Биринчи учта линза йиғувчи, охиригича учтаси эса сочувчи линзалар дейилади. 178-б расм йиғувчи ва сочувчи линзаларнинг ишлашини тушунтириб беради; линзаларни схематик равишда жуда кўп призмалар

Йиғиндисини деб тасаввур қилиш мумкин. Линзани чегараловчи сферик сиртларнинг марказларидан ўтувчи C_1C_2 тўғри чизиқ линзанинг бош оптик ўқи дейилади (179-расм).

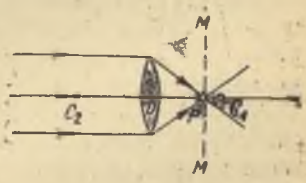
Ёруғлик нури линзанинг оптик маркази (O) деб аталадиган нуқтадан ўтганда ўз йўналишини ўзгартирмайди. Линзанинг оптик марказидан бош оптик ўқига қиялаб ўтувчи ҳар қандай тўғри чизиқ ёрдамчи оптик ўқ деб аталади.



178-расм.

Йиғувчи линзага унинг бош оптик ўқига параллел ҳолда тушаётган ёруғлик нурлари линзанинг орқасида ўша ўқдаги бир нуқтада йиғилади (179-расм), бу нуқта шу линзанинг бош фокуси дейилади. Бош оптик ўққа перпендикуляр ҳолда фокусдан ўтувчи MM текислик фокал текислик дейилади.

Агар ёруғлик шуъласи сочувчи линзага унинг бош оптик ўқига параллел ҳолда тушаётган бўлса, сингандан кейин сочилувчи шуъла бўлиб кетади. Бундай сочилувчи шуъла кузатувчига бош оптик ўқдаги битта нуқтадан чиқаётгандек кўринади: бу нуқта икки ёқлама ботиқ линзанинг мавҳум бош фокуси (F) дейилади (178-б расм). Шуни қайд қилиш керакки, ҳар қан-



179-расм.

дай линзанинг ўз оптик марказидан икки томонда ётувчи иккита фокуси бўлади. Линзанинг оптик марказидан бош фокусигача бўлган масофа бош фокус масофаси деб аталади ва F билан белгиланади.

Ҳар хил линзаларнинг фокус масофаси ҳар хил бўлади. Чунки линзалар сиртининг эгрилиги ҳар хил ва линзалар тайёрланган модданинг химиявий таркиби ҳар хилдир. Линза сиртларининг эгрилик радиуслари қанча кичик ва линза моддасининг синдириш кўрсаткичи қанча катта бўлса, линза нурларни шунча кучли синдиради ва унинг бош фокус масофаси шунча кичик бўлади. Бу боғланишни қуйидаги формула билан ифодалаш мумкин:

$$\frac{1}{F} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

бунда n — синдириш кўрсаткичи, R_1, R_2 — сиртларнинг эгрилик радиуслари, F — бош фокус масофаси. *Линзанинг бош фокус масофасига тескари бўлган катталик линзанинг оптик кучи дейилади ва диоптрия ҳисобида ўлланади.*

Агар D — линзанинг оптик кучи, F — линзанинг бош фокус масофаси бўлса,

$$D = \frac{1}{F}$$

бўлади. Формуладан кўришиб турибдики, линзанинг фокус масофаси қанча қисқа бўлса, унинг оптик кучи шунча катта бўлади.

Фокус масофаси бир метрга тенг бўлган линзанинг оптик кучи бир диоптрияга тенг бўлади.

Агар $F = 0,5$ м бўлса, оптик кучи

$$D = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ диоптрия,}$$

агар $F = 0,1$ м бўлса,

$$D = \frac{1}{0,1 \text{ м}} = 10 \text{ диоптрия.}$$

Агар линзалар бир-бирига жипслаштириб қўйилса, уларнинг оптик кучлари қўшилади, бунда йиғувчи линзаларнинг оптик кучларини диоптриянинг мусбат сонлари билан, сочувчи линзаларникини эса манфий сонлари билан ифодалаш қабул қилинган. Масалан, 3 ва 4 диоптрияли иккита йиғувчи линза бир-бирига ёнма-ён

қўйилса, 7 диоптрияли битта йиғувчи линзага тенг кучли система ҳосил бўлади. Агар 10 диоптрияли йиғувчи линзага 4 диоптрияли сочувчи линза ёнма-ён қўйилса, 6 диоптрияли йиғувчи линзага тенг кучли система ҳосил бўлади.

Йўллари маълум бўлган учта энг муҳим нур тажриба йўли билан аниқланган.

1. Йиғувчи линзанинг бош оптик ўқиға параллел тушувчи нур сингандан кейин бош фокусдан ўтади.

2. Йиғувчи линзанинг бош фокусидан ўтувчи нур сингандан кейин бош оптик ўққа параллел ҳолда кетади.

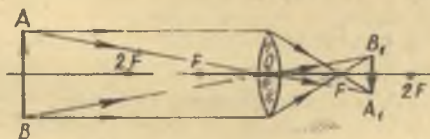
3. Линзанинг оптик марказидан (ёрдамчи'оптик ўқлар бўйлаб) ўтувчи нур ўз йўналишини ўзгартирмайди.

Бу нурлардан иккитасининг йўлини билган ҳолда буюмнинг линзадаги тасвирини яшаш мумкин.

114-§.

Линзада тасвир яшаш

1. AB буюм иккиланган фокус масофасидан нарида турибди. A нуқтадан линзанинг оптик маркази орқали битта нур, бош оптик ўққа параллел бўлган бошқа бир нур ўтказамиз. Бу нур линзада сингандан кейин бош фокус (F) дан ўтади ва ўз йўналишини ўзгартирмай ўтган биринчи нур билан A_1 нуқтада кесишади. B нуқтанинг B_1 нуқтага тушган тасвирини ҳам худди шундай қилиб ясаймиз (180-расм). Шундай қилиб, AB буюмнинг бошқа ҳар қандай нуқтасининг тасвирини яшаш мумкин.

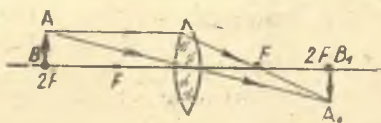


180- расм.

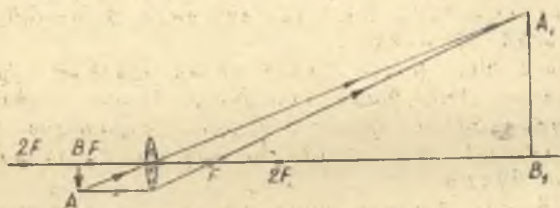
Бу геометрик яшашдан шундай хулоса келиб чиқади: агар буюм иккиланган фокус масофасидан нарида турган бўлса, унинг тасвири линзанинг бошқа томонидаги бош фокус билан иккиланган фокус масофасидаги нуқ-

та орасида жойлашади ва ҳақиқий, тескари ва кичрайган бўлади. Бундай ҳол катта буюмларни расмга олаётганда бўлади.

2. Буюм иккиланган фокус масофасида турибди. Тасвирнинг қандай ясалиши 181-расмда кўрсатилган.



181-расм



182-расм.

Агар буюм иккиланган фокус масофасида турган бўлса, унинг тасвири линзанинг бошқа томонидаги иккиланган фокус масофасида жойлашади ва ҳақиқий, тескари ва буюмга тенг бўлади.

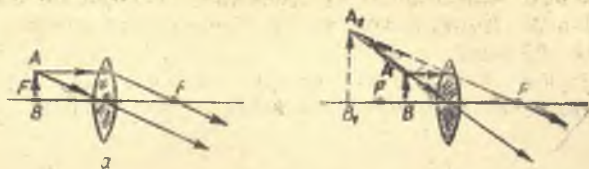
Бундай ҳол чизмаларни ҳақиқий катталигида расмга олишда ва бошқа ҳолларда бўлади.

3. Буюм бош фокус билан иккиланган фокус масофасидаги нуқта орасида турибди. Тасвирнинг қандай ясалиши 182-расмда кўрсатилган.

Агар буюм бош фокус билан иккиланган фокус масофасидаги нуқта орасида турган бўлса, унинг тасвири линзанинг бошқа томонидаги иккиланган фокус масофасидан нарида жойлашади ва ҳақиқий, тескари ва катталашган бўлади.

Бундай ҳол экранда проекцион фонарь ёки киноапарат ёрдамида тасвир ҳосил қилишда, фотосуратларни катталаштиришда ва бошқа ҳолларда бўлади.

4. Буюм линзанинг бош фокусида турибди (183-а расм).



183- расм.

Агар буюм бош фокусда турган бўлса, унинг тасвири чексизликда бўлади, чунки линза орқали ўтувчи нурлар параллел кетади. Бошқача айтганда, буюмнинг тасвири ясаб бўлмайди.

5. Буюм бош фокус билан линза орасида турибди (183-б расм). Агар буюм бош фокус билан линза орасида турган бўлса, унинг тасвири линзанинг буюм турган томонида жойлашади ва мавҳум, тўғри ва катталашган бўлади.

Бундай ҳол буюмга лупа орқали қаралганда ёки йигувчи линзали кўзойнак билан ўқиганда, шунингдек кўпгина оптик асбобларнинг окулярларида, масалан, микроскопда, телескопда ва бошқаларда бўлади.

115- §.

Линзанинг чизиқли катталаштириши, Линза формуласи

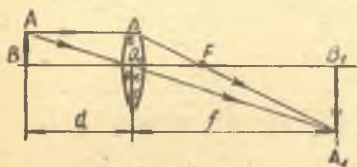
Тасвирнинг чизиқли ўлчамининг буюмнинг чизиқли ўлчамига нисбати линзанинг чизиқли катталаштириши дейилади.

184-расмни кўриб чиқамиз. Линзанинг оптик марказидан буюмгача бўлган масофани d билан, шу марказдан тасвиргача бўлган масофани эса f билан белгилаймиз; $h = AB$ — буюмнинг чизиқли ўлчами бўлади, $H = A_1B_1$ — тасвирнинг чизиқли ўлчами. A_1B_1O ва ABO учбурчакларнинг ўхшашлигидан қуйидаги муносабат келиб чиқади:

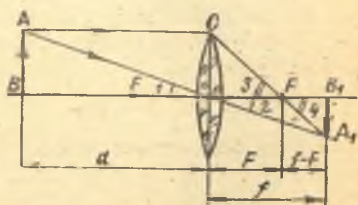
$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{f}{d} \quad \text{ёки} \quad \frac{H}{h} = \frac{f}{d} = \gamma,$$

яъни линзанинг чизиқли катталаштириши линзанинг оптик марказидан тасвиргача бўлган масофанинг шу мар-

каздан буюмгача бўлган масофага нисбатига тенг. Линза формуласини чиқарамиз. Бунинг учун буюмнинг тасвирини ясаймиз. 185-расмда AB —буюм ва A_1B_1 —унинг тасвири.



184-расм.



185-расм.

AOB ва A_1OB_1 , шунингдек, COF ва FB_1A_1 учбурчакларнинг ўхшашлигидан қуйидаги пропорциялар келиб чиқади:

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{f}{d};$$

$$\frac{A_1B_1}{OC} = \frac{B_1F}{OF} \text{ ёки } \frac{A_1B_1}{OC} = \frac{f-F}{F}.$$

AC нур бош оптик ўққа параллел бўлганлиги учун (чизмадан) $AB = OC$ бўлади, шунинг учун кейинги пропорцияни қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{f-F}{F}.$$

Бу тенглик ва биринчи тенгликнинг чап томонлари бир-бирига тенг, шунинг учун уларнинг ўнг томонлари ҳам бир-бирига тенг, яъни

$$\frac{f}{d} = \frac{f-F}{F}.$$

Бундан $fF = df - dF$; $fF + dF = df$. Бу тенгликнинг ҳамма ҳадларини учта катталикнинг fdF кўпайтмасига бўлиб, линза формуласини ҳосил қиламиз:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

Буюмдан ва унинг тасвиридан линзанинг оптик марказига бўлган масофаларнинг тескари қийматлари йигиндисини линзанинг оптик кучига тенг.

Линза формуласи таркибига кирувчи катталиклардан иккитаси маълум бўлганда учинчисини бу формуладан фойдаланиб ҳисоблаб топиш мумкин.

Мисол. Бош фокус масофаси 1 м бўлган линзадан 5 м узоқликда турган буюмнинг тасвири қаерда бўлади?

Берилган:

$$d = 5 \text{ м}, F = 1 \text{ м}.$$

Линза формуласидан фойдаланиб, қуйдагиларни топамиз:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}; \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{1 \text{ м}} - \frac{1}{5 \text{ м}}; \quad \frac{1}{f} = \frac{4}{5 \text{ м}};$$

$$f = \frac{5}{4} \text{ м} = 1,25 \text{ м}.$$

Шартга кўра $F = 1 \text{ м}$, унда $2F = 2 \text{ м}$, бинобарин, буюм иккиланган фокус масофасидан нарида турибди, унинг тасвири эса F билан $2F$ орасида бўлади.

4-лаборатория иши

Игувчи линзанинг фокус масофасини аниқлаш

Асбоб ва материаллар: тутқичга ўрнатилган икки ёқлама қавариқ линза; тутқичга ўрнатилган патронли ва шунурли электр лампаси; кичкина сурилма экран; метрли чизғич; ток манбаи.

Ишни бажариш тартиби:

1. Лампа, линза ва экранни 186-расмда кўрсатилгандек қилиб жойлаштиринг.

2. Экранни бир текис суриб, экранда лампанинг аниқ тасвирини ҳосил қилинг.

3. Масофаларни ўлчаг: 1) лампа толасидан линзагача (d) ва 2) линзадан экрангача (f).

4. Линза формуласидан фокус масофасини ҳисоблаб топинг.

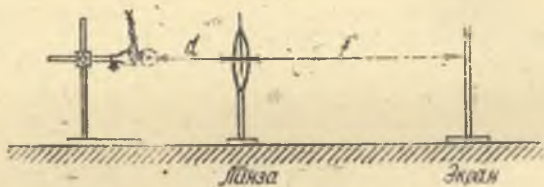
5. Лампани линзага яқинроқ ёки узоқроқ қўйиб, тажрибани қайтаринг.

6. Натижаларни жадвалга ёзинг:

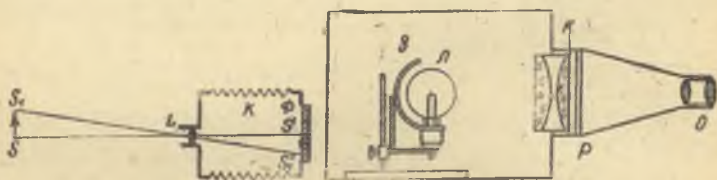
Тажриба номери	d	f	F	$F_{\text{ф}}$
1				
2				
3				

Фотография аппарати. Проекцион аппарат

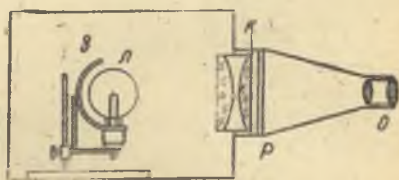
Фотоаппарат схемаси 187-расмда тасвирланган. Фотоаппарат ёруғлик ўтказмайдиан деворли K камера ва L объективдан иборат. Объектив камеранинг олдинги деворига ўрнатилади, камеранинг орқа деворига яқин жойга эса ёруғликка сезгир Φ фотография плён-каси қўйилади. Фотосуратга олиш вақтида SS_1 буюм объективнинг фокус масофасидан катта масофага қўйилади, фотопластинкада буюмнинг кичрайган тескари $S'S'_1$ тасвири ҳосил бўлади.



186- расм.



187- расм.



188- расм.

Ҳаракатланувчи целлулоид лентага (кинолентага) фотосурат олишнинг аҳамияти жуда катта, чунки бунда жисмлар ҳаракатини қайта тиклаш мумкин бўлади.

Буюмнинг экранда ҳақиқий ва катталашган тасвирини ҳосил қилишга мўлжалланган проекцион аппаратнинг тузилиши 188-расмда кўрсатилган. Бу аппарат O объектив ва ичида кучли L ёруғлик манбаи бўлган яшиқдан иборат. Бу яшиқ ёруғлик ўтказмайди. Ёруғлик манбаи S сферик кўзгунинг фокусига қўйилган. Ёруғлик нурлари икки ясен-қавариқ линзадан иборат

К конденсорга тушади ва бу линзалар ёрдамида тўп-
ланади, сўнгра эса диапозитив (шиша ёки целлулоидга
туширилган расм ёки сурат) орқали ўтади. Диапозитив
объективнинг (йиғувчи линзалар системасининг) F
фокус масофаси билан иккиланган фокус масофаси
($2F$) орасида жойлашиши керак, бунинг натижасида
экранда катталашган, ҳақиқий ва тескари тасвир ҳосил
булади. Шу сабабли диапозитивлар тўнкариб қўйилади
ва бунда экранга тушган тасвирлар кўришга қулай бў-
лади. Проекцион аппаратнинг энг муҳим қисми объек-
тив бўлиб, буюмнинг экрандаги тасвирини объектив ёр-
дамида ҳосил қилиш мумкин.

50- масала. Проекцион аппарат объективининг фокус масофаси 20 см
га тенг, объективдан экрангача бўлган масофа эса 20 м га тенг. Диа-
позитивда расмнинг баландлиги 4 см га тенг бўлса, экрандаги тасвир-
нинг баландлиги нимага тенг бўлади?

Берилган:

$$F = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}; f = 20 \text{ м}; h = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}.$$

$$H = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

а) диапозитивдан линзанинг оптик марказигача бўлган масофани
топамиз:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \quad \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f} = \frac{f-F}{Ff};$$

$$d = \frac{fF}{f-F};$$

б) тасвирнинг баландлигини аниқлаймиз:

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d}; \quad H = \frac{fh}{d} = \frac{fh}{\frac{fF}{f-F}} = \frac{fh(f-F)}{Ff} = \frac{h(f-F)}{F}.$$

2. Сонларни қўйиб, баландликни ҳисоблаб топамиз:

$$H = \frac{0,04 \text{ м} (20\text{ м} - 0,2\text{ м})}{0,2 \text{ м}} = 3,96 \text{ м} \approx 4\text{ м}.$$

51- масала. 12 км баландликда учиб кетаётган самолётдан 1:16000
масштаб билан жойнинг фотографияси олинган. Объективнинг фокус
масофаси қандай бўлиши керак?

Берилган:

$$\frac{H}{h} = \frac{1}{16000}; \quad d = 12000 \text{ м}.$$

$$F = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз.

а) $\frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ формуладан $f = d \frac{H}{h}$ ни келтириб чиқарамиз;

б) сурат олинган масофа жуда катта бўлгани учун, линза формуласига мувофиқ $f \approx F$ деб олиш мумкин, бинобарин,

$$F = \frac{dH}{h}.$$

2. Сонларни қўйиб, объективнинг фокус масофасини ҳисоблаб топамиз:

$$F = \frac{12\,000 \text{ м} \cdot 1}{16\,000} = 0,75 \text{ м}.$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Линза деб нимага айтилади?
2. Линзанинг оптик маркази, бош оптик ўқи ва бош фокуси деб нимага айтилади?
3. Икки ёқлама қавариқ линзага унинг бош оптик ўқига параллел ҳолда тушган нурнинг йўлини схемада кўрсатинг.
4. Икки ёқлама қавариқ линзага тушиб, унинг бош фокуси орқали ўтган нурнинг йўлини схемада кўрсатинг.
5. Линзага тушиб, унинг оптик маркази орқали ўтган нурнинг йўлини схемада кўрсатинг.
6. Йиғувчи линзанинг иккиланган фокус масофасидан нарида турган буюмнинг тасвири қаерда ва қандай бўлади?
7. Йиғувчи линзанинг фокуси билан иккиланган фокус масофаси орасида турган буюмнинг тасвири қаерда ва қандай бўлади?
8. Йиғувчи линза билан унинг фокуси орасида турган буюмнинг тасвирини ясанг.
9. Линзанинг оптик кучи деб нимага айтилади ва унинг ўлчов бирлиги қандай?
10. Линзанинг оптик кучи 4 диоптрияга тенг. Бу нима дегани?
11. Агар шиша линза ҳаводан олиб, сувга ботирилса, унинг оптик кучи ортадими ёки камайдими? Бунинг сабаби нимада?

Жавоби: камайд.

12. Агар линзани унинг ўзи ясалган модданинг синдириш кўрсаткичига тенг синдириш кўрсаткичли муҳитга ботирилса, линзанинг оптик кучи қандай ўзгаради? Бунинг сабаби нимада?

Жавоби: нолга тенг бўлиб қолади.

13. Оптик кучи 4 диоптрия бўлган кўзойнак шишасининг фокус масофасини аниқланг.

Жавоби: 25 см.

14. Фотоаппарат объективининг фокус масофаси 12 см га тенг. Агар суратда бинонинг узунлиги 6 см бўлиб, аслида эса 80 м бўлса, бино қанча масофадан туриб суратга олинган?

Жавоби: 160 м.

15. 4800 м баландликда учиб кетаётган самолётдан жойнинг сурати олинган. Агар фотоаппарат объективнинг фокус масофаси 60 см га тенг бўлса, олинган суратларнинг масштаби қандай?

Ж а в о б и: 1:8000.

16. Агар проекцион аппарат объективдан экрангача бўлган масофа 12 м га, объективнинг фокус масофаси 8 см га тенг бўлса, бу аппарат ёрдамида қандай қизиқли катталаштиришга эришиш мумкин.

Ж а в о б и: 149 марта.

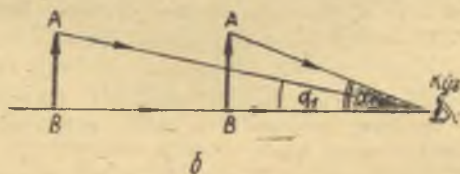
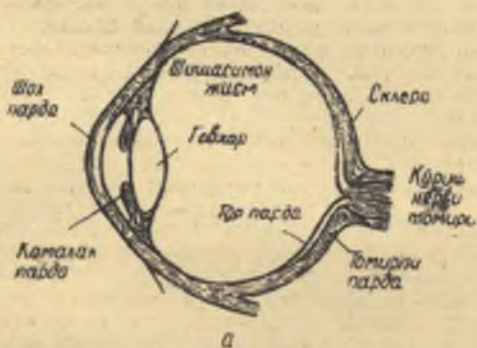
117-§.

Кўз — оптик система.

Кўриш бурчаги

Одамнинг кўзи буюмларнинг шакли, уларнинг жойлашиши ва рангини ажратишга имкон берувчи мураккаб оптик системадир.

Кўз, одатда, кўз соққаси деб юритиладиган шарсимон жисмдир (189-а расм). Унинг ташқи тиниқмас оқсил қобиғи склера деб аталади. Склеранинг олдинги қисмида дунгроқ тиниқ қобиқ бўлади, буниси ш о ҳ пардадир.



189- расм.

Кўзга келувчи қон томирлари тўри ички томондан склерага келиб туташувчи томир пардани ҳосил қилади. Томир парда орқасида турли одамларда турли рангда бўладиган камалак парда келади. Бу парданинг ўртасида одатда кўз қорачиғи деб аталадиган тешик бор. Кўзга тушаётган ёруғлик оқимига қараб, қорачиқнинг диаметри ўзгариб туради. Буюмларнинг тасвири кўз гавҳари туфайли тўр пардада ҳосил бўлади. Кўз гавҳари икки ёқлама қавариқ линза кўринишидаги тиниқ эластик жисмдир. Кўз ичидagi бутун бўшлиқ синдириш кўрсаткичи 1,33 га тенг бўлган тиниқ суюқлик билан тўлган.

Гавҳар сиртининг эгрилиги (демак, фокус масофаси) алоҳида муқуллар таъсирида ўзгариши мумкин. Кўзнинг гавҳарнинг фокус масофасини буюмгача бўлган масофага мослаштириш қобилияти аккомодация деб аталади*.

Баъзи одамларда буюмнинг тасвири тўр пардада эмас, балки унинг олдида ҳосил бўлади. Кўзнинг бу нуқсони яқиндан кўриш деб аталади. Баъзи одамларда эса буюм тасвири тўр парда орқасида ҳосил бўлади. Бундай нуқсон эса узоқдан кўриш дейилади. Бу нуқсонлар сочувчи линзалар (яқиндан кўришда) ва йиғувчи линзалар (узоқдан кўришда) ўрнатилган кўзойнак тақис билан тузатилади.

Буюмнинг чекка нуқталаридан келадиган нурларнинг кўзга тушиш бурчаги кўриш бурчаги дейилади (189-б расм). Агар кўриш бурчаги бир минутдан кичик бўлса, буюмнинг икки нуқтасини ажратиш мумкин эмас ва буюм бир нуқта бўлиб кўринади.

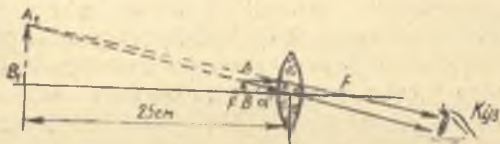
Буюмни муфассал равишда аниқ кўриш учун уни кўзга яқинроқ келтириш керак, чунки буида кўриш бурчаги катталашади. Бироқ ҳамма вақт ҳам бундай қилиш мумкин бўлавермайди.

Биринчидан, буюмларни жуда яқиндан (25 см дан яқин масофадан) кўриш кўз учун ҳамма вақт ҳам зарарсиз эмас, иккинчидан, баъзан буюмларни бунчалик яқин келтириш ёки уларга бунчалик яқинлашиш мутлақо мумкин бўлмайди, масалан, осмон ёриткичлари, сунъий йўлдошлар ва ҳоказо. Бундай ҳолларда кўриш бурчагини катталаштирувчи оптик асбоблардан фойдаланилади.

* Аккомодацияни кўзнинг турли даражадаги равшанликка мослашиши → адаптация билан янглиштирмаслик керак.

Лупа

Майда буюмларни кўриш учун уларни катталаштириб кўриш керак бўлади. Бунинг учун энг содда ҳолда лупадан фойдаланилади. Бирор кичик буюмнинг маъхум ва катталашган тасвирини ҳосил қилиш учун ишлатиладиган икки ёқлама қавариқ линза лупа дейилади. Кўрилаётган буюм фокус билан линза ораллиғига



190- расм.

қўйилади (190- расм). Кўриш майдонини катталаштириш учун кўз лупага яқинроқ келтирилади, буюмнинг аниқроқ тасвирини ҳосил қилиш учун эса уни линзадан шундай масофага жойлаштириш керакки, унинг тасвири (кўздан бошлаб ҳисоблаганда) энг яхши кўриш масофасида бўлсин. Нормал кўз буюмни 25 см дан аниқ кўради, ана шу масофа энг яхши кўриш масофаси деб қабул қилинади.

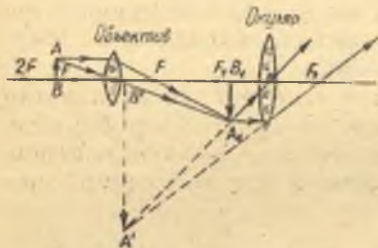
Буюмни кўраётганда кўз лупага яқин тутилгани, буюм эса фокусга яқин жойлаштирилгани учун лупанинг катталаштириши энг яхши кўриш масофасининг бош фокус масофасига нисбатига тенг, яъни $\frac{25}{F}$ га (F сантиметрларда ўлчанган

ҳолда) ёки $\frac{1}{4F}$ га (F метрларда ўлчанган ҳолда) тенг деб олиш мумкин.

Агар лупа бўлмаганда буюм энг яхши кўриш масофасида турганда эди, у ҳолда кўриш бурчаги жуда кичик бўлар эди. Лупа α кўриш бурчагини бир неча марта катталаштиради, шунинг учун буюмнинг тасвири анча аниқлашади. Лупа буюм тасвирини ўттиз марта катталаштириши мумкин. Тасвирни бундан ҳам кўпроқ катталаштириш учун микроскопдан фойдаланилади.

Микроскоп ва телескоп

*Микроскоп**. Энг содда микроскоп иккита йиғувчи линзадан иборат системадир. Қисқа фокусли линза — объектив, узун фокусли линза — окуляр бўлади. Кўрилатган буюм объективнинг бош фокусидан бир оз нарига (F ва $2F$ орасига) қўйилади. Бунда буюмнинг катталашган ҳақиқий ва тескари тасвири ҳосил бўлади.



191- расм.

Бу тасвир луна сингари ишлайдиган окуляр орқали кўрилади. Окулярни буюмнинг ҳақиқий тасвири окуляр билан унинг бош фокуси оралиғида жойлашадиган қилиб сурилади, бунда буюмнинг мавҳум катталашган тасвири (биринчи тасвирга нисбатан туғри, буюмнинг узига нисбатан эса тескари тасвир) ҳосил бўлади. Бу тасвир кўзининг энг яхши кўриш масофасида, яъни кўздан 25 см масофада ҳосил бўлиши керак.

Нурларнинг микроскопдаги йўли 191-расмда кўрсатилган.

Микроскопнинг катталаштириши объективнинг катталаштириши билан окулярнинг катталаштириши кўпайтмасига тенг. Масалан, объектив гардишида $6\times$, окулярникида эса $20\times$ турган бўлса, у ҳолда микроскопнинг катталаштириши $6 \cdot 20 = 120$ бўлади.

Ҳозирги замон микроскоплари мураккаб окуляр ва объективлардан иборат бўлиб, тасвири 3000 мартагача катталаштиришга имкон беради. Линзали микроскопда кўзга кўринадиган нурлар воситасида ёруғликнинг табиати туфайли янада катталаштириш мумкин эмас. Буюмнинг ёруғлик тулқинлари воситасида пайқалиши учун буюмнинг улчамлари кўринувчи ёруғлик

* Микроскоп номи грекча: «микрос» — кичик, «скопо» — кўриш сузларидан келиб чиққан.

тўлқини узунлигининг ярмидан кам бўлмаслиги керак. Бу мураккаб ҳодисани шундай мисол билан тушунтириш мумкин.

Денгиз тўлқинлари сувдан бир учи чиқиб турган сув остидаги тошга келиб урилганда ундан қайтади ва, бинобарин, ўз йўналишини ўзгартиради. Агар сувдан ингичка қозиқ ёки темир таёқ чиқиб турган бўлса, тўлқинлар тўсиққа дуч келмагандай бемалол ўтиб кетаверади.

Еруғлик тўлқинлари ўлчамлари $1/2$ тўлқин узунлигидан кам бўлган тўсиқларга дуч келганда ҳам шундай ҳодиса бўлади. Кўринувчи нурлар ёрдамида ўлчамлари $0,2$ мк гача бўлган буюмларнигина кўриш мумкин.

Ҳозирги вақтда тасвири янада катталаштириш учун ультрабинафша нурлардан фойдаланилади ёки электрон микроскоплар қўлланилади.

Телескоп. Осмон жисмлари телескоп деб аталадиган оптик асбоб билан кўзатилади. Бу асбоб кўриш бурчагини катталаштиради. Телескопнинг бурчак катталаштириш объектив ва окулярнинг бош фокус масофалари нисбатига тенг:

$$\beta = \frac{F_{об}}{F_{ок}}$$

шунинг учун телескопларнинг объективлари узун фокусли (фокус масофаси бир неча метрга тенг), окулярлари эса қисқа фокусли (бир неча миллиметр) бўлиши керак.

Агар асбобдан Ердаги йирик жисмларни кўзатишда фойдаланилса, уни **кўриш т р у б а с и** дейилади. Бирлаштирилган икки кўриш трубасидан тузилган асбоб бинокль дейилади.

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Кўриш бурчаги деб нимага айтилади?
2. Қисқа масофадаги кичик буюмларни кўриш учун ёки олисдаги катта буюмларни кўришда нима учун кўриш бурчагини катталаштиришга ҳаракаат қилинади?
3. Лупанинг катталаштиришини қандай аниқлаш мумкин?
4. Микроскоп берадиган тасвири ясанг.

5- лаборатория иши

Шишанинг синдириш коэффициентини аниқлаш

Асбоб ва материаллар: ўлчов микроскопи, микрометр, юзида ва тагида икки штрихи бўлган шиша пластинка, ёритгич.

Ишни бажариш тартиби:

1. Шиша пластинкани микроскоп остига қўйинг ва пластичка юзидаги штрихнинг аниқ тасвирини ҳосил қилинг.
2. Микрометр винти ёрдамида микроскоп тубусини туширинг ва пластинканинг тагидаги штрихнинг аниқ тасвирини ҳосил қилинг.
3. Микроскоп шкаласидан тубуснинг h силжиш катталигини аниқланг.
4. Шиша пластинканинг H қалинлигини аниқланг (қ. 170-расм).
5. Шишанинг синдириш коэффициентини $n = \frac{H}{h}$ формуладан фойдаланиб, ҳисоблаб чиқаринг.

**ЁРУҒЛИКНИНГ ТАРКИБИ.
НУРЛАНИШ**

120- §.

Призма ёрдамида оқ нури рангли нурларга ажратиш.

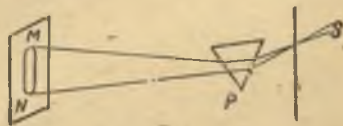
Спектр. Монохроматик ёруғлик

Ёмғир вақтида камалакни кузатиш мумкин. Узоқ вақт давомида сирли бўлиб келган табиатнинг бу ҳодисасини 1666—1667 йилларда Ньютон аниқлаб берди. Қуёшнинг оқ ёруғлигини уч ёқли хрусталь призма орқали ўтказиб, Ньютон ёруғликнинг призма асосига қараб синишинигина эмас, балки рангли нурларга ажралишини ҳам аниқлади (192- расм). Экранда бир-бирига аста-секин ўтиб борувчи бир неча ранглардан иборат бўлган MN рангли йўл ҳосил бўлади, бу йўл спектр дейилади. Спектр қуйидаги тартибда жойлашган етти асосий рангдан иборат: қизил, қирмизи, сариқ, яшил, ҳаво ранг, кўк, бинафша.

Бу тажриба оқ нурнинг турли узунликдаги тўлқинлардан иборат мураккаб нур эканини кўрсатади. *Оқ ёруғлик нурларининг уни ташкил қилувчи рангли нурларга ажралиши ёруғликнинг дисперсияси дейилади.*

Оқ ёруғлик таркибига кирувчи рангли нурларни призма турлича синдиради. Спектрнинг қизил қисми дастлабки йўналишидан энг кам оғади, спектрнинг бинафша қисми энг кўп оғади, бунинг натижасида оқ ёруғлик таркибий қисмларга ажралади. Бироқ синиш катталиги синиш кўрсаткичи билан характерланади, бинобарин, спектрнинг ҳар бир рангли нурининг синиш кўрсаткичи ҳар хил бўлади: қизил нурларнинг синиш кўрсаткичи энг кичик, бинафша нурларники эса энг каттадир.

Агар спектр ҳосил бўлган экранда тирқиш қилинса-да, бу тирқиш ор-



192- расм.

қали фақат бир рангли нурлар иккинчи призмага туширилса, нурлар синиб, призманинг асосига томон кетади, бироқ энди бошқа рангдаги таркибий қисмларга ажралмайди (193-расм). Шунга асосланиб, ҳар бир рангли нур содда нур деб ҳисобланади. Содда нурнинг ёруғ-



193-расм.

лиги бир жинсли ёруғлик (ёки монохроматик ёруғлик) дейилади. Тўлқиний оптика нуқтаи назаридан монохроматик нур аниқ бир тўлқин узунлигидаги электромагнитик тўлқинлардир.

121-§.

Рангли нурлардан оқ ёруғлик ҳосил қилиш. Жисмларнинг ранги

Модомики оқ ёруғлик рангли нурларга ажралар экан, спектрнинг ана шу рангли нурларидан яна оқ ёруғлик ҳосил қилиб бўлмасмикан, деган савол туғилади. Шундай қилиш мумкин эканлигини тажриба кўрсатади. Призмадан чиққан рангли нурларни катта йиғувчи линза ёрдамида тўплаб, унинг фокусида оқ йўл ҳосил қиламиз.

Барча рангли нурларни қўшиш йўли билан оқ ёруғлик ҳосил қилиш оқ ёруғликни синтез қилиш дейилади.

Тажрибалар иккита рангли нурлар, масалан, қизил билан яшил-ҳаво ранг, қирмизи билан кўк ва ҳоказо нурлардан оқ ёруғлик ҳосил қилиш мумкинлигини кўрсатади.

Бир-бирига қўшилганда оқ ёруғлик ҳосил қилувчи икки ранг тўлдирувчи ранглар дейилади.

Жисмларнинг жуда ранг-баранг эканини кузатиш мумкин. Бироқ баъзи жисмлар бизга фақат қизил, бошқалари фақат сариқ, яна бошқалари фақат яшил бўлиб

кўринади. Бунинг сабаби қуйидагича. Айтайлик, жисм оқ нурлар билан ёритилганда бизга қизил бўлиб кўри-наётган бўлсин. Бу шуни кўрсатадики, жисм қизил нур-ларни қайтариб, оқ нур таркибидаги бошқа рангли нур-ларни ютиб қолади. Оқ нурларни яшил шиша орқали ўтказсак, фақат яшил нурларни кўрамиз. Бу ҳол шу шиша спектрнинг фақат яшил нурларини ўтказишини, спектрнинг қолган рангли нурларининг ҳаммасини юти-шини кўрсатади. Ҳамма рангли нурларни кўп миқдор-да қайтарадиган жисм оқ бўлиб кўринади. Ўзига туша-ётган барча рангли нурларни ютувчи жисм қорақуя, ду-ҳоба ва бошқалар сингарин қора бўлиб кўринади. Бироқ табиатда мутлақо оқ (ёруғликни 100% қайтарувчи) жисмлар ҳам, мутлақо қора (ёруғликни 100% ютувчи) жисмлар ҳам бўлмайди. Жисмларнинг қандай рангли нурларни ютиш қобилияти сайлаб ютиш деб ата-лади.

Сайлаб ютишига қараб жисмларнинг ранги турли-ча бўлади. Жисмни монохроматик нурлар билан ёриг-ганда унинг ёритадиган ана шу нур ранги билан бир хил рангли қисмларигина рангли бўлиб кўринади. Ма-салан, бир полотнога бири қизилга бўялган, иккинчиси яшилга бўялган икки расм туширилган бўлса, бу полот-нони қизил нурлар билан ёритганда биринчи расм оч-қизил бўлиб, иккинчи расм эса қора бўлиб кўринади. Яшил нурлар билан ёритилганда иккинчи расм оч-яшил бўлиб, биринчиси қора бўлиб кўринади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Оқ ёруғликнинг дисперсияси деб нимага айтилади?
2. Спектр нима?
3. Нурларнинг рангида фарқ бўлишини тўлқиний назария асо-сида қандай талқин қилиш мумкин?
4. Спектрда рангли нурлар қандай тартибда жойлашади?
5. Қандай нурларнинг шишадаги тезлиги кам бўлади: қизил нурларникими ёки бинафша нурларникими?
6. Қизил нурлардан бошлаб бинафша нурларгача бўлган нур-ларнинг синиш кўрсаткичлари қандай ўзгаради?
7. Модданинг синдириш кўрсаткичининг аниқ топиш керак бўл-ганда оқ ёруғликдан эмас, монохроматик ёруғликдан фойдаланила-ди. Нима учун шундай қилинади?
8. Оқ ёруғликни синтез қилиш деб нимага айтилади?
9. Қандай ранглар тўлдирувчи ранглар дейилади? Тўлдирувчи рангларга мисоллар келтиринг.
10. Қандай жисм оқ жисм дейилади?
11. Қандай жисм қора жисм дейилади?

12. Нима учун оқ ёруғлик билан ёритилган яшил қогоз яшил бўлиб кўринади?

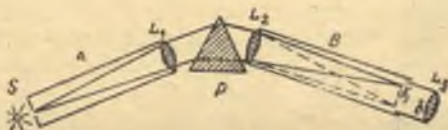
13. Нима учун яшил ёруғлик билан ёритилган оқ қогоз яшил бўлиб кўринади?

122- §.

Спектроскоп.

Чиқариш спектрлари

Спектрларни кузатиш ва ўрганиш учун спектроскопдан фойдаланилади. Энг содда спектроскоп линзалари A ва B трубалар ҳамда битта уч ёқли P призмадан иборат (194- расм). Биринчи трубага бош фокусида ингич-



194- расм.

ка S тирқиши бўлган L_1 йиғувчи линза жойлаштирилади. Ёруғлик нурлари линзадан ўтиб, параллел шуъла ҳолида боради ва уч ёқли призмага тушиб, рангли нурларга ажралади. Сўнгра улар иккинчи трубанинг L_2 линзасига тушади ва унинг бош фокусида спектр ҳосил бўлади, бу спектр L_3 линза орқали худди лупа орқали кўрингандек кўринади.

Ёруғлик чиқараётган ҳар қандай жисм спектр ҳосил қилади, бу спектр чиқариш спектри дейилади.

Чиқариш спектри 1) туташ, 2) чизиқ-чизиқ ва 3) йўл-йўл бўлади.

1) Туташ спектр ранглари биридан иккинчисига аста-секин ўтиб борувчи туташ полўса кўринишида бўлади. Чўғланган қаттиқ жисмлар ёки суюқликлардан туташ спектр ҳосил бўлади ва бу спектр жисмларнинг химиявий таркибига боғлиқ бўлмаган ҳолда бир хил бўлади. Электр лампанинг вольфрам толасидан, эриган чўяндан туташ спектр ҳосил қилиш мумкин ва ҳ. к.

2. Чизиқ-чизиқ спектр қора оралиқлар билан ажралган айрим рангли чизиқлардан иборат бўлади. Чўғланган газлар ва буғларнинг босимлари нормал босимдан кам фарқ қилганда, газлар атом ҳолатида бўл-

ганда чизик-чизик спектр ҳосил бўлади. Агар асбест парчасини ош тузи эритмаси билан ҳўллаб, сўнгра уни спирт лампаси алангасига тутилса, спектроскопда натрийнинг бир-биринга яқин жойлашган икки сариқ чизикдан иборат чизик-чизик спектри ҳосил бўлади. Агар алангага литий хлорид парчаси жойлаштирилса, спектрда қизил чизик пайдо бўлади, агар алангага таллий тузи киритилса, спектрда яшил чизик ҳосил бўлади. Сийракланган газлар электр разряди таъсирида трубкаларда нур соча бошлайди, бунда уларнинг чизик-чизик спектрларини кузатиш осон. Турли элементларнинг чизик-чизик спектрлари бир-биридан чизикларнинг ранги, ёрқинлиги, чизиклар сони ва спектр шкаласидаги ўрни билан фарқ қилади. *Ҳар бир химиявий элемент нур сочувчи атомлардан иборат бўлган чўғланган газ ҳолатида бўлганда унинг бир ўзигагина хос бўлган чизик-чизик спектр беради, бу спектр ҳамма вақт шкаланинг аниқ бир жойида жойлашган рангли чизиклар билан характерланади.* Бу факт тажрибада аниқланган.

3. Йўл-йўл спектр алоҳида рангли йўллардан иборат бўлади. Йўл-йўл спектрлар таркибида атомларга парчаланмаган молекулалари бўлган газ ҳолатидаги моддалардан ҳосил бўлади. Масалан, оз сийракланган газлар электр разряди таъсирида йўл-йўл спектрлар беради.

Молекуляр спектрлар ҳамма вақт йўл-йўл спектр бўлади. Молекулалари атомларга парчаланган барча моддалар чизик-чизик спектр беради.

123- §.

Ютилиш спектрлари. Кирхгоф қонуни

Электр лампанинг вольфрам толаси бераётган ёрукликни спектроскопга тушириб, туташ спектр ҳосил қиламиз. Энди спектроскопнинг тирқиши олдига яшил шиша қўямиз, бунда спектрда фақат торгина яшил йўл пайдо бўлади, қолган рангларнинг ҳаммаси бўлмайди, уларнинг ўрнида қоронғи йўл бўлади.

Рангли шишалар сингари, буғ ва газлар ҳам спектрнинг айрим нурларини ютади. Агар чўғланган вольфрам толали лампадан туташ спектр ҳосил қилиб, сўнгра спектроскоп тирқиши олдига спирт лампаси алангаси-

да температураси лампадаги вольфрам голасининг температурасидан паст бўлган чўғланган натрий буғлари тутилса, туташ спектрда бир-бирига яқин жойлашган қора чизиқлар пайдо бўлади; бу чизиқлар натрийнинг чиқариш спектридаги сариқ чизиқлари турадиган жойда бўлади. 195-расмда натрийнинг ютилиш спектри ҳосил қилинадиган қурилма кўрсатилган. Агар спектроскоп тирқиши олдига таллий буғлари бўлган аланга қўйсақ, туташ спектрда қора чизиқ ҳосил бўлади, бу чизиқ таллийнинг чиқариш спектридаги яшил чизиқ ўрнида туради; агар спектроскоп тирқиши олдига литий буғлари бўлган аланга қўйилса, туташ спектрда қора чизиқ кўринади, бу чизиқ литийнинг чиқариш спектридаги кизил чизиқ ўрнида турали



195- расм.

Оқ ёруғликнинг чўғланган буғ ёки газлар орқали ўтиши натижасида юзига қора чизиқ ёки йўллар тушган туташ спектр ютилиш спектри дейилади.

Ютилиш спектрларининг пайдо бўлиш ҳодисасини текшириб, 1859 йилда Кирхгоф унинг номи билан аталадиган қуйидаги қонунни топди: *чўғланган газ ёки буғ янада иссиқроқ манбадан ўзи чиқариши мумкин бўлган нурларни ютади.*

Шундай қилиб, ҳар бир элемент учун унинг чизиқ-чизиқ чиқариш спектри ва ютилиш спектри айланувчанлик хоссасига эгадир; бу эса ютилиш спектрининг қора чизиқлари чиқариш спектрининг рангли чизиқларига аниқ мос келишини билдиради.

124- §.

Қуёш спектри

Қуёшнинг туташ спектрини дифракцион панжарани спектроскоп ёрдамида ўрганиб, немис олими Фраунгофер 1817 йилда спектрни кўп жойидан кесиб ўтган қуёш

лаб қора чизиқларни пайқайди. Бу чизиқлар ҳозирги вақтда Фраунгофер чизиқлари дейилади. Кирхгоф бу ҳодисани ютилиш спектрининг пайдо бўлиши ҳодисаси билан тушунтириб берди.

Қуёшнинг чиқариш туташ спектри унинг фотосфера деб аталадиган чуғланган сиртидан вужудга келади. Қуёшни пастроқ температурали ва унча зич бўлмаган газ қобиғи ўраб олган. Бу соҳа хромосфера деб аталади. Қуёш нурлари хромосфера ва Ер атмосфераси орқали ўтади. Бунда хромосфера ёки Ер атмосферасида бўлган ҳар бир химиявий элемент ўзи чиқариши мумкин бўлган спектр нурларини ютиб қолади. Бунинг натижасида кўп ютилиш чизиқларидан иборат ютилиш спектри ҳосил бўлади.

125- §.

Спектрал анализ

Жисмларнинг химиявий таркиби ва физик ҳолатини чиқариш ва ютилиш спектрлари ёрдами билан ўрганиш методи спектрал анализ дейилади.

Бунинг учун текширилаётган модда платина илмоқчада горелка алангасига киритилади ва ҳосил бўлган чизиқ-чизиқ спектр барча маълум элементларнинг спектрлари жадвали билан солиштириб кўрилади. Бир элемент чизиқларини аниқлаб, иккинчи элементни аниқланади ва шу тариқа бутун спектр (яъни модда таркибидаги ҳамма элементлар) текшириб чиқилади. Агар спектрда ўрганилган барча чизиқларга нисбатан бирор янги чизиқ топилса, жисм таркибида номаълум элемент бор экан деб хулоса қилинади. Рубидий ва цезий (1860 й.), таллий (1862 й.) ана шундай қилиб топилган. Ана шу йўл билан астроном Локьер Қуёшнинг ютилиш спектрига қараб Қуёшда гелий бор эканлигини (1868 й.) аниқлади ва орадан 27 йил ўтгандан кейин (1895 й.) гелийнинг Ерда ҳам бор эканлигини химик олим Рамзай аниқлади.

Спектрал анализ билан узоқдаги жисмларнинг, масалан, Қуёшнинг, юлдузлар, туманликларнинг таркиби аниқланади. Спектрал метод жуда сезгир методдир, ҳатто 10^{-7} — 10^{-8} г модда ҳам спектрда кўринадиган чизиқлар беради. Ана шу хусусияти туфайли спектрал

анализ техникада кенг қўлланиладиган бўлиб қолди. Металлнинг тозаллигини аниқлаш, денгиз суви, шифобахш сувлар таркибидаги оз миқдордаги турли моддаларни аниқлаш ва шунга ўхшаш мақсадларда бу методдан фойдаланилади.

Спектрал анализ самолётсозлик, кемасозлик, станоксозлик ва умуман машинасозликда ишлатиладиган юкори сифатли қотишмалар тайёрлашда кенг қўлланиладиган нодир металлларни топишда муҳим аҳамият касб этди. Саноат учун керакли бўлган кўплаб нодир металллар узоқ вақтлар фойдаланилмай келган, чунки уларнинг рудаларда борлигини химиявий йўл билан аниқлаб бўлмаган, шунингдек, уларни рудадан олишда бу элементларнинг бир-биридан нақадар тоза ажратилганини контрол қилиш мумкин бўлмаган. Шу туфайли энг қимматбаҳо элементлар металлургия чиқиндиларини тарзида чиқариб ташланар эди, ҳолбуки халқ хўжалигининг турли соҳаларида улардан самарали фойдаланиш мумкин эди.

Спектрал анализ турли бирикмаларга жуда оз миқдорда аралашган моддаларни сифат жиҳатидан анализ қилиш учун кенг имкониятлар очиб берди. Химиклар ҳатто химиявий элементларнинг изларини топиши мумкин эди, бироқ элементларнинг модда таркибида қанча миқдорда бор эканлигини аниқлаш имконига эга эмас эдилар. Металлург учун эса, масалан, пулаг таркибида бошқа модда қанча миқдорда бор эканлигини билиш муҳимдир.

Асримизнинг йигирманчи йилларигача барча йирик физик ва химиклар спектрал анализ ёрдамида модда таркибини миқдорий аниқлаш мумкин эмас, деб ўйлар эдилар. Бундай деб ўйлашга шу нарса асосий сабаб бўлдики, бирор химиявий элементнинг бор эканлигини билдирувчи спектрал чизиқларнинг равшанлиги ёруғлик сочувчи буғларнинг температурасига боғлиқ бўлади. Температура озгина кўтарилса, баъзи элементларнинг спектрал чизиқлари жуда ҳам равшанлашиб кетади. Бунда жуда оз миқдорда бўлган элемент кўпроқ миқдорда бўлган элементдан кўра равшанроқ чизиқлар бериши мумкин.

Бироқ совет олими Г. С. Ландсберг қатор тажрибалар ўтказди ва миқдорий спектрал анализ мумкин эканлигини исбот қилиб берди. Бунинг учун фақат нурланиш температураси доимий бўлиши керак.

Бу мақсад учун стилоскоп деб аталган асбоб конструкция қилинди. Миқдорий спектрал анализ методи бизнинг мамлакатимиз sanoатида кенг қўлланилади, чунки у меҳнат унумдорлигини ва анализнинг аниқлигини оширади. Миқдорий спектрал анализ бундай қилинади.

Стандарт электрод билан анализ учун олинган намуна орасида электр ёйи ҳосил қилинади. Стандарт электрод қотишманинг асосини ташкил қилувчи металлдан ясалади, масалан, пулатлар анализ қилинганда стандарт электрод темирдан, жез анализ қилинганда стандарт электрод мисдан ясалади. Бундай қилинишига сабаб шуки, стандарт электрод текширилаётган модда спектрига ҳеч қандай янги чизиқлар киритмаслиги керак. Процент таркиби чизиқнинг равшанлигига қараб аниқланади.

Физиклар фақат спектрларни эмас, балки уларнинг ўзгариш қонуниятларини ҳам синчиклаб ўрганадилар, чунки оптик спектрлар атомларнинг қандай шароитда бўлишига ҳам кўп боғлиқ бўлади. Масалан, кучли магнит ёки электр майдонлари спектр чизиқларини ажратиб юборади. Айниқса спектрларнинг характери атомларнинг ионлашишида, яъни электрон қобиқдан электрон ажралганда кўп ўзгаради. Атомлар спектри худди шу элемент ионларининг спектрига мутлақо ўхшамайди. Академик Д. С. Рождественский раҳбарлигидаги совет физиклари группаси бу соҳада жуда катта иш қилди. Спектрнинг ўзгаришига қараб олимлар нурланувчи атомларнинг қандай шароитда эканини билиб оладилар. Юлдузлар спектрида маълум элементлар чизиқларининг ўзгаришига қараб астрономлар юлдузларнинг температураси қандай, уларда босим қандай, юлдузлар ва туманликларнинг атомлари қандай ионланганини биладилар.

Одатдаги термометрдан фойдаланиш мумкин бўлмаган ҳолларда, масалан, электр ёйининг температурасини ўлчашда ва шу кабиларда уларнинг температураси нурланиш спектрларининг ўзгаришини кузатиш асосида аниқланади.

Юлдузлар таркибини ўрганадиган астрофизика фани ўтган асрнинг 70- йилларида спектрал анализ асосида юзага келди.

Еруғликнинг комбинацион сочилиши

Мураккаб моддаларнинг молекуляр спектрлар нурлаши қатта аҳамиятга эгадир. Нима учун осмон кўм-кўк бўлиб кўринади? Бунга физиклар ҳаво таркибига кирувчи азот ва кислород молекулалари қуёш ёруғлигидаги кўк нурларни сочиб юбориши сабаб бўлади, деб жавоб берадилар. Совет олимлари Л. И. Мандельштам ва Г. С. Ландсберг қаттиқ жисм — кварц кристали молекулаларининг ёруғликни сочилиши текширдилар. Улардан беҳабар ҳинд олими Раман ёруғликнинг суюқликларда сочилишини ўрганди. Тажрибалар монохроматик ёруғлик, масалан кварц лампанинг кўк ёруғлиги билан ўтказилди.

Кўк нур кварц кристалдан ўтиб, спектроскопга тушади. Спектр фотосуратга олинганда унда кўк ёруғликнинг равшан чизиқларидан ташқари лампа ёруғлигида бўлмаган бошқа нурларнинг ҳам заиф чизиқлари кўринди. Кварцнинг совуқ кристали гўё ўзи ёруғлик манбаи бўлиб қолгандек эди.

Янги нурларнинг ёруғлик оқими жуда заиф эди. Спектрдаги янги нурларни сезиш учун жуда сезгир фотопластинкалар ишлатиш ва узоқ вақт экспозиция қилиш керак бўлди. Ёруғликнинг комбинацион сочилиши деб аталган янги ҳодиса 1928 йилда кашф қилинди. Бу кашфиёт моддадан ўтаётган ёруғлик нурларининг бир қисмига молекулалар таркибидаги тебранаётган атомлар таъсир қилишини кўрсатди. Бунинг натижасида кўк нурларнинг сочилган ёруғлик оқимида янги нурлар пайдо бўлиб, сочилган ёруғлик бир жинсли бўлмай қолади. Бу ёруғлик оқимида ёруғлик сочаётган жисмнинг ва ёруғлик ўтаётган муҳитнинг зарраларининг тебраниш частоталари бирлашиб кетади, комбинацияланади. Келгусидаги тажрибалар ёруғликнинг комбинацион сочилиши турлича бўлишини, молекулаларнинг таркибига ва атомларнинг уларда жойлашишига боғлиқ бўлишини кўрсатди.

Комбинацион сочилиш спектрларини ўрганиш шу модданинг таркибида қандай химиявий элементлар борлигининг эмас, балки бу элементларнинг атомлари қандай қилиб молекулаларга гурупланишини ҳам билдиради.

Мандельштам, Ландсберг ва Раманинг кашфиёти моддаларнинг молекуляр спектрал анализини яратишга асос бўлди.

Бу метод sanoatда, масалан, авиация бензинининг сифатини текширишда, химиявий эритувчилар ва бошқаларни контрол қилишда кенг қўлланилади.

Комбинацион сочилиш спектрларини, шунингдек, инфрақизил спектрларни ўрганишга асосланган молекуляр спектрал анализ молекулаларнинг тузилишини ўрганишда ва аралашмаларни анализ қилишга алоқадор бўлган масалаларни ўрганишда катта аҳамият касб этмоқда.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Чиқариш спектрлари қандай бўлади?
2. Қандай ҳолда спектр туташ бўлади?
3. Қандай ҳолда чизиқ-чизиқ спектр ҳосил бўлади?
4. Қандай ҳолда йўл-йўл спектр ҳосил бўлади?

5. Ютилиш спектрлари нима ва улар қандай ҳосил қилинади?
Ютилиш спектрлари: а мисоллар келтиринг.

6. Агар яшил утларга қизил шиша орқали қаралса, улар қандай бўлиб кўринади?

7. Электр лампадан келаётган оқ нурлар йўлига бирин-кетин сариқ ва кўк шиша қўйилди. Агар сариқ шиша орқали қарасак, биз нимани кўрамиз, сўнгра иккала шиша орқали қарасак, нимани кўрамиз? Ҳодисанинг сабабини тушунтириб беринг.

8. Кирхгофнинг чиқариш ва ютилишга оид қонуни нимадан иборат?

9. Ютилиш спектрининг келиб чиқишини Кирхгоф қонуни асосида қандай тушунтириш мумкин?

10. Қуёш спектри қандай тузилган?

11. Қандай чизиқлар Фраунгофер чизиқлари деб аталади ва улар нима сабабдан пайдо бўлади?

12. Спектрал анализ нима ва уни қандай олиб борилади?

13. Спектрал анализнинг оддий химиявий анализдан афзаллиги нимада?

14. Сифат спектрал анализи қаерларда қўлланади?

15. Миқдорий спектрал анализ нима ва у қандай асбоб ёрдамида олиб борилади?

127- §.

Инфрақизил ва ультрабинафша нурлар

Термометрни туташ спектрнинг турли жойига тенг вақт давомида қўйиб турсак, термометрнинг турлича қизишига ишонч ҳосил қилиш мумкин. Термометрни спектрнинг қизил нурларидан нарига (спектрнинг кўзга кўринадиган қизил нурларидан нарига) қўйиб, 1800 йилда олим Гершель термометрнинг кўринувчи нурларга қўйилганидан кучлироқ қизиганини аниқлади. Бундан олим спектрнинг қизил нурларидан нарида кўзга кўринмайдиган нурлар соҳаси бор, деган хулосага келди ва уни инфрақизил нурлар деб атади. Бу нурлар ҳам кўринувчи нурлар сингари қайтиши (акс этиши), синиши, баъзи жисмлар, масалан, шиша, ҳаво, сув томонидан ютилиши мумкин.

Инфрақизил нурлар тўлқин узунлиги 0,8 дан 100 мк гача бўлган электромагнитик тўлқинлардир.

Агар бир парча фишт ёки темирни қиздириб, уни ботиқ кўзгунинг фокусига қўйсак ва сўнгра бу кўзгу юбораётган инфрақизил нурларни бошқа ботиқ кўзгу ёрдамида тўпласак, иккинчи кўзгунинг фокусига ўрнатилган термометр температуранинг кўтарилганини кўрсатади. Эриб турган кўп металл ёки қизиб турган бош-

қа жисмлар яқинида ишлаётган ишчиларга муҳофаза-ловчи махсус кузойнак берилади. Бу кузойнакнинг оддий шишалари (ойнаклари) ниҳоятда юпқа металл қатлам билан қопланади. Бу қатлам кўринувчи нурларни ўтказиб, инфрақизил нурларни кучли қайтаради. Баъзан инфрақизил нурлар энергия туплаш мақсадида атайлаб тутиб қолинади (оранжереяларда). Кўзга кўринадиган нурлар оранжереянинг ойнавон томи орқали бемалол ўтиб, унинг ичидаги жисмларни қиздиради. Қизиган жисмлар кўзга кўринмайдиган инфрақизил нурлар чиқаради, бу нурлар оранжереянинг ойнавон томи орқали ўтолмайди (шиша уларни ўтказмайди), шунинг учун бу нурлар қайтиб, оранжереянинг ичида қолади. Шундай қилиб, оранжереяда иссиқлик анчагина тупланиб қолади. Агар иссиқлик ўтказмайдиган идишга (масалан, наматга ёки бошқа материалларга ўралган идишга) сув қуйиб, оғзи шиша билан ёпиб қўйилса, сув Қуёш нуридан қайнаш даражасига келиши мумкин. Кўзга кўринадиган нурларни ўтказадиган (шаффоф бўлган) жисмлар инфрақизил нурларни мутлақо ўтказмаслиги мумкин. Инфрақизил нурларни жуда кўп ютадиган шиша, сув бунга мисол бўла олади. Худди шунинг учун сув филтрлари (сув солинган шиша ванналар) проекцион асбобларда, масалан, эпидиаскопларда қўлланилади. Сув кучли ёруғлик манбаларининг инфрақизил нурларини ютади ва шу билан проекцияланаётган буюмларни ортиқча қизиб кетишдан эҳтиёт қилади.

Кўзга кўринувчи нурларни ўтказмайдиган кўпгина жисмлар инфрақизил нурларни ўтказиши мумкин, масалан, эбонит, қурум билан қорайтирилган қоғоз, кўпчилик минераллар ва бошқалар шундай бўлади.

Бу хусусиятдан фан ва техникада фойдаланилади. Масалан, кўзга кўринадиган нурларни ўтказмайдиган, инфрақизил нурларни ўтказадиган кўплаб минераллар инфрақизил нурлар ёрдамида ўрганилади. Модданинг ютиш қобилияти кўринадиган ва кўринмас нурларда турлича бўлгани учун қадимий ҳужжат ва хатларни ўрганиш мумкин бўлди.

Инфрақизил нурлар саюатда ишлатилади. Ёғоч, сопол буюмлар, қоғоз, чарм, газмол, лаклар, эмаллар, трансформатор чулғамлари инфрақизил нурлар билан қуритилади; гушт ва балиқ консерва қилинаётганда ёки

дудлашда ҳам шу нурлар билан қуритилади. Автобусларни қуритишда инфрақизил нурларни қўллаш уларнинг қуриш муддатини бир суткадан бир неча минутгача келтиришга имкон берди.

Инфрақизил нурлар манбаи сифатида кўпинча чўланма лампалар ишлатилади, улар 90% гача инфрақизил нурлар, 10—12% кўринувчи ёруғлик беради, кўзга кўринадиган нурлар жисмга тушганда инфрақизил нурларга айланиши мумкин.

Инфрақизил нурлар қишлоқ хўжалигида дон, сабзавот, мева, чой, тамаки ва бошқа маҳсулотларни қуритишда тобора кенг қўлланилмоқда. Тўлқин узунлиги катта бўлган ёруғлик тўлқинлари хира муҳитларда камроқ сочилади. Шунинг учун трамвай ва автобусларнинг қизил чироғлари туманда кўк чироққа нисбатан яхши кўринадилар. Қуёш чиқаётганда ва ботаётганда, шунингдек, тугин ва чанг ортида тўқ қизил бўлиб кўринадилар, чунки қизил нурлар бошқа нурларга нисбатан кам сочиладилар.

Инфрақизил нурларнинг тўлқин узунлиги қизил нурларникидан анча катта бўлгани учун инфрақизил нурлар туман ва булутларда анча камроқ сочиладилар. Бу ҳол булутлар устидан учаётган самолётдан ернинг маълум бир жойларини ва ер юзидан 20 км гача узоқликдан объектларни инфрақизил нурлар ёрдамида суратга олишга имкон беради (инфрақизил нурларда суратга олиш узоқлигини ер шарининг эгрилигигина чеклайди).

1701 йилда Ритер спектрнинг бинафша нурларида нарива жойлашган кўринмас ультрабоинафша нурларни кашф қилди. Бу нурлар фотография пластинкаларига таъсир қилиб, уларни қорайтиради, улар тўлқин узунлиги 0,4 мкм дан 5 нм гача бўлган электромагнитик тўлқинлардир. Кварц шиша бу нурларни анча яхши ўтказадилар. Лекин одатдаги шиша уларни ўтказмайди. Ультрабинафша нурларнинг биологик таъсири жуда кучли, шунинг учун уларнинг табиатдаги аҳамияти ғоят каттадир. Ультрабинафша нурлар таъсирида сабзавот ва мевалар пишиб етилади, инсон ҳаёти учун жуда муҳим бўлган витаминлар ҳосил бўлади. Бунда витаминлардан ташқари, ғоят мураккаб органик бирикмалар юз беради, булар натижасида янада мураккаб бўлган эфир мойлари пайдо бўлади (ана шу мойлар туфайли олма, ўрик, қовунларнинг нозик хидларини,

шунингдек, бинафша, атир гулларнинг ҳидини фарк қила оламиз). Ультрабинафша нурлар бактерияларни ўлдиради, шунинг учун сув ва сутни стерилизация қилишда бу нурлардан самарали фойдаланиш мумкин.

Еш молларни бундай нурлар билан нурлантириш уларнинг бўлиқ бўлиб ўсишига фойдали таъсир кўрсатади.

Электр ёйи ультрабинафша нурларнинг кучли манбаидир, шунинг учун металл конструкцияларни пайванд қилаётганда муҳофаза ойнакларидан фойдаланилади. Кўп ҳолларда медицинада кварц лампаларидан олинadиган ультрабинафша нурлардан фойдаланилади.

Операция хоналарида ёритиш лампалари билан бирга кварц лампалари (ультрабинафша нурлар манбалари) ҳам бўлади, кварц лампалари операция вақтида стерилизациянинг яхши бўлишига ёрдам беради.

Агар нурланиш дозаси оз бўлса, ультрабинафша нурлар одам организмига фойдали таъсир кўрсатади. Агар одам узоқ муддат давомида ультрабинафша нурлардан маҳрум бўлса, унинг ишлаш қобилияти пасаяди, авитаминоз пайдо бўлади, нерв системаси бузилади. Дозаси катта бўлган ультрабинафша нурлар терини куйдиради, кўзнинг шиллиқ пардасини яллиғлайди ва ҳатто нерв фаолиятини бузиши мумкин.

Ультрабинафша нурлар деярли барча моддалардан нур чиқартириш қобилиятига эга. Бу ҳодиса фотолюминесценция дейилади. Люминесценция анализи деб аталган ҳозирги замон илмий тадқиқот методи аниқ шу ҳодисага асосланган. Бу методни академик С. И. Вавилов ишлаб чиққан.

Қишлоқ хужалигида, озиқ-овқат саноатида ва савдода люминесцент анализ методи жуда қўл келмоқда. Бу метод эндигина бузила бошлаган маҳсулотларни ҳақиқатан бошқа методлар билан пайқаш мумкин бўлмаган вақтдаёқ аниқлашга имкон беради.

128- §.

Электромагнитик тўлқинлар шкаласи

Электромагнитик тўлқинларни ўрганиб, биз уларнинг турли-туман хоссаларга эга эканлигига қафоат ҳосил қилдик. Масалан, радиотўлқинларнинг, инфрақизил

нурларнинг, ультрабинафша нурларнинг, рентген нурларининг хоссалари турли-туман бўлиб, бу хоссалар уларнинг тўлқин узунлигига боғлиқ бўлади. Бундан тўлқин узунлигининг ўзгариши (миқдор ўзгаришлари) тўлқин хоссаларининг ўзгаришига (сифат ўзгаришларига) олиб келади, деган хулоса чиқади.

Кўп олимлар турли тўлқин узунлигидаги электромагнитик тўлқинларни ўрганганлар. П. Н. Лебедев ва А. А. Глаголева — Аркадьева ишларининг аҳамияти катта бўлди. Бу ишлар натижасида электромагнитик тўлқинларни шундай қаторга жойлаштириш мумкин бўлдики, бунда уларнинг тўлқин узунликлари ҳеч қандай интервалсиз узлуксиз камаяди. Бу қатор электромагнитик тўлқинлар шкаласи деб аталади, бу шкалани қуйидаги жадвал сифатида ифодалаш мумкин:

Тўлқинларнинг номи	Тўлқин узунлиги
Ўта узун тўлқинлар	1000 000 км—15 км
Радиотўлқинлар	15 км—10 см
Ультрарадиотўлқинлар	10 см—0,1 мм
Инфрақизил тўлқинлар	100 мкм—0,8 мкм
Ёруғлик тўлқинлари	0,8 мкм—0,4 мкм
Ультрабинафша тўлқинлар	0,4 мкм—5 нм
Рентген тўлқинлари	5 нм—0,004 нм
Гамма-тўлқинлар	0,004 нм—0,0001 нм

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Инфрақизил нурлар нима ва уларнинг қандай хоссалари бор?
2. Инфрақизил нурлар қандай қилиб пайқалади?
3. Инфрақизил нурлар қаерларда ишлатилади?
4. Ультрабинафша нурлар нима ва уларнинг қандай хоссалари бор?
5. Ультрабинафша нурлар қандай қилиб пайқалади?
6. Ультрабинафша нурлар қаерларда ишлатилади?
7. Электромагнитик тўлқинларнинг хоссалари нимага боғлиқ?
8. Электромагнитик тўлқинлар шкаласи нима?

ЁРУҒЛИКНИНГ ТЎЛҚИНИЙ ВА КОРПУСКУЛЯР ТАБИАТИ. ЁРУҒЛИКНИНГ ТАЪСИРИ

129- §.

Ёруғликнинг интерференцияси

Тўлқиний ҳаракатни ўрганганда биз механик тўлқинларнинг интерференцияси билан танишдик, бу ҳодиса икки тебраниш манбаидан келаётган бир хил частотали тўлқинларнинг қўшилишидан иборатдир. Бундай манбалар когерент манбалар бўлади.

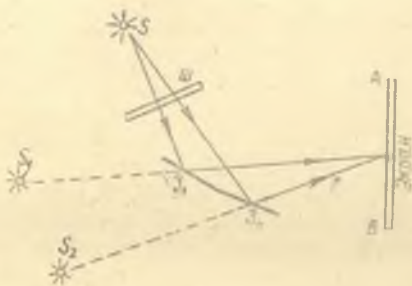
Тўлқинларнинг интерференцияси натижасида тебранишлари кучайган қатор соҳалар ҳосил бўлади (максимумлар), бу соҳалар тебранишлари сусайган соҳалар (минимумлар) билан ажралган бўлади.

Интерференция манзарасидаги максимумлар тўлқинлар майдонининг тўлқинлар йўли фарқи ярим тўлқинларнинг жуфт сонига тенг келадиган жойларида, минимумлар эса тўлқинлар йўли фарқи ярим тўлқинларнинг тоқ сонига тенг бўлган жойларда юзага келади. Тўлқинларнинг интерференциясида энергия турлича тақсимланади: тўлқинлар майдонининг бир жойида энергия ортади, бошқа жойида эса мос равишда камаяди.

Қўшилаётган тўлқинларнинг частотаси бир хил ва фазалар силжиши ҳар бир нуқтада ўзгармас бўлгандагина интерференция барқарор бўлиши мумкин. Бундай тўлқинлар мувофиқлашган (ёки когерент) тўлқинлар дейилади. Икки ёруғлик манбаидан, масалан, икки электр лампочкасидан келаётган ёруғлик тўлқинлари интерференция ҳосил қилмаслиги жуда кўп тажрибаларда аниқланган. Бунинг сабаби шуки, турли ёруғлик манбалари когерент бўлмаган тўлқинлар чиқаради. Бир-биридан мустақил бўлган когерент ёруғлик манбалари ҳосил қилиш мумкин эмаслиги олимларни бошқача, сунъий йўллар қидиришга мажбур этди, бунда айни бир тўлқиннинг қисмлари айни бир манбадан турли йўллар билан келади ва бир-бирига қўшилади.

Бундай тажрибалардан бир нечасини куриб чиқамиз.

1. Френель кўзгулари билан қилинадиган тажриба. Кучли ёруғлик манбадан чиқаётган оқ ёруғликни $Ш$ қизил шиша орқали ўтказамиз ва монохроматик ёруғликни (қизил ёруғликни) бир-бирига 180° га яқин бурчак остида жойлаштирилган икки ясси Z_1 ва Z_2 кўзгуларга туширамиз (196-расм). S манбадан келаётган ҳамда Z_1 ва Z_2 кўзгулардан қайтаётган тўлқинлар



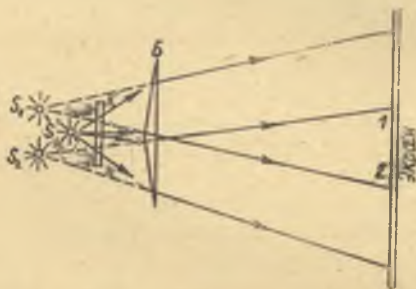
196- расм.

иккига ажралади ва AB экранга турли йўллар билан келаётган мувофиқлашган (яъни когерент) тўлқинларнинг икки системасини ташкил қилади. Экранда ёруғлик тўлқинларининг навбатма-навбат жойлашган қизил ва қора йўллардан иборат интерференцион манзара ҳосил бўлади. Бу манзара шундай бўладигани, бунда ёруғлик S манбадан эмас, балки S манбанинг Z_1 ва Z_2 кўзгулардаги мавҳум тасвирлари бўлган икки S_1 ва S_2 когерент манбадан келаётгандек туюлади.

Кўзгуларни навбат билан сариқ, яшил, кўк ёруғлик билан ёритиб, биз экранда навбатма-навбат жойлашадиган сариқ ва қора, сўнгра яшил ва қора, ниҳоят кўк ва қора йўлларни ҳосил қиламиз, бу йўллар айни бир жойга тушавермайди. Қизил ёруғлик туширилганда ёруғ ва қора йўлларнинг кенглиги энг катта, бинафша ёруғлик туширилганда ёруғ ва қора йўлларнинг кенглиги энг кичик бўлади. Бинобарин, қўшилган тўлқинлар максимумлари ва минимумларининг ўринлари ёруғликнинг рангига қараб ўзгарар экан, бу эса турли рангдаги ёруғлик тўлқинларининг узунлиги турлича бўлишини кўрсатади. Ёруғлик тўлқинининг узунликларини ўлчаш қизил ёруғлик тўлқинлари бинафша ёруғлик

тўлқинларига нисбатан узунроқ бўлишини кўрсатади. Агар кўзгулар оқ ёруғлик билан ёритилса, экранда турли рангли ва қора йўллар ҳосил бўлади. Чунки оқ ёруғлик таркибига турли узунликдаги тўлқинлар кирадиган мураккаб бўлиб, ёруғликнинг интерференцияда ҳосил бўладиган максимум ва минимумлар турли жойларга тушади. Шунини қайд қилиш керакки, қора йўлларнинг ҳосил бўлиши энергиянинг сақланиш қонунига зид келмайди, чунки бунда ёруғлик энергияси йўқ бўлмайди, балки экран бўйлаб тақсимланиши ўзгаради. Агар қора йўлларда ёритилганлик икки когерент ёруғлик манбаидан текис ёритилгандагидан камроқ бўлса, бунинг эвазига ёруғ йўлларда ёритилганлик текис ёритилгандагидан кўпроқ бўлади, чунки экранга тушаётган ёруғлик оқими ўзгаришсиз қолди.

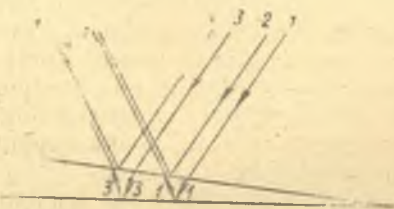
2. Френель бипризмаси билан қилинадиган тажриба. Кучли S нуқтавий ёруғлик манбаидан чиқаётган оқ ёруғликни K қизил-шиша орқали ўтказамиз ва монохроматик ёруғликни (қизил ёруғликни) B бипризмага тушираемиз; бипризма синдириш бурчаклари жуда кичик бўлган ва ўзларининг асослари билан қўшилган икки призмадан иборатдир (197-расм). Бипризманинг ҳар бир ярми ёруғликни ўзининг асосига қараб синдиргани учун S манбадан келаётган тўлқинлар иккига ажралади ва экранга турли йўллар билан келиб, бир-бирига қўшилади. Экранда ёруғлик тўлқинларининг навбатлашувчи қизил ва қора йўллардан иборат интерференцион манзара ҳосил бўлади. Бу манзара шундай бўладики, бунда ёруғлик экранга S манбадан бипризма орқали ўтиб тушаётгандек эмас, балки экранга иккига



197-расм.

мувофиқлашган (яъни когерент) S_1 ва S_2 манбадан бевосита гушаётгандек гуюлади. Бипризмани оқ ёруғлик билан ёритсак, рангли интерференцион манзара ҳосил бўлади.

3. Иккита ясси-параллел пластинка билан қиллинадиган тажриба. Бир шиша пластинкага иккинчисини қўямиз ва уларнинг орасига бир то-



198- расм.

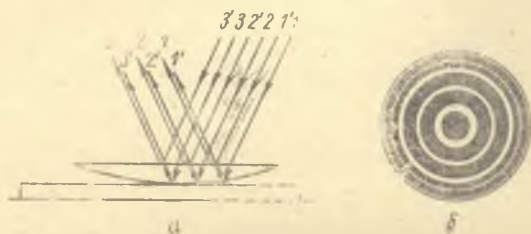
мондан жула юнқа қистирма қўямиз, бу ҳолда пластинкалар орасида қалинлиги пластинкаларнинг бир учидан иккинчи учига борган сари камайиб борувчи ҳаво қатлами ҳосил бўлади (198- расм). Пластинкани монохроматик ёруғлик билан ёритамиз, бунда қайтган ёруғликда понанинг синдирувчи ёғига параллел бўлган ёруғ ва қора йўлларни кўраимиз. Бундай бўлишига сабаб шуки, ёруғлик тўлқинлари юқориги пластинкадан ва қалинлиги гурлича бўлган ҳаво қатламини ўтиб, пастки пластинкадан қайтади, бунинг натижасида тўлқинлар иккига бўлинади ва бир-бирига қўшилганда интерференцион манзара ҳосил қилади.

Пластинкалар оқ ёруғлик билан ёритилганда рангли интерференцион йўллар кўринади.

4. Шиша пластинка устида ётувчи линза билан қиллинадиган тажриба. Эгрилиги кичик бўлган ясси-қавариқ линзани эгри сирти томони билан остига бир варақ қора қоғоз қўйилган ясси-параллел шиша пластинкага, масалан, кўзгу шишасининг пластинкаси ёки фотонегатив пластинкаси устига қўяйлик (199-а расм). Шишаларни қизил ёки яшил ёруғлик билан ёритамиз ва бунда қайтган ёруғликда қора ва қизил ёки қора ва яшил халқаларни кўраимиз (199-б расм). Оқ ёруғлик билан ёритилганда қайтган

ёруғликда рангли ҳалқаларни кўрамыз. Бу ҳалқалар «Ньютон ҳалқалари» деб аталади, чунки уларни биринчи бўлиб 1675 йилда Ньютон эгрилик радиуси 10 м бўлган ясси-қавариқ линзани кўзгу шишаси устига қўйиб кузатган.

Интерференция ҳодисаси корхоналарда ясси шиша сиртлар сифатини текширишда ишлатилади. Бу мақсадда текшириляётган сирт аввалдан текширилган сирт устига қўйилади ва қайтган ок ёруғликдаги интерфе-



199- расм.

ренцион манзара кузатилади. Агар сиртнинг у ер-бу ери гадир-будур бўлса, пластинкалар орасидаги ҳаво қағламнинг қалинлиги турлича бўлиб қолади ва бу ҳол дарҳол рангли интерференцион йўлларнинг ҳосил бўлишига сабаб бўлади. Жисмларнинг чизиқли ўлчамлари, масалан, метр эталонининг узунлигини интерференция методи билан аниқлаш мумкин.

130- §.

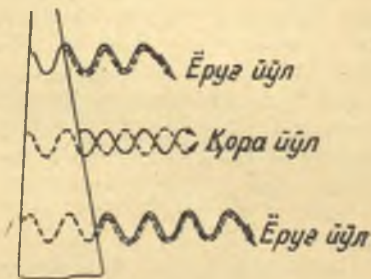
Юққа пардаларнинг ранги

Симдан қилинган рамкани совун эритмасига боғириб, кўтариб олсак, рамкага юққа совун пардаси қопланиб қолади. Пардани вертикал тутиб туриб, уни кучли манбадан монохроматик ёруғлик билан ёритамиз, у ҳолда қайтган ёруғликда интерференцион манзаранинг қора ва ёруғ йўллари ҳосил бўлади (200- расм). Оғирлиги таъсирида совун пардаси пастга томон йўғонлашиб борувчи пона шаклига келади. Пардага бир ёруғлик манбадан тушаётган. ёруғлик тўлқинлари иккига ажралади, чунки улар парданинг олдинги ва орқа сиртларидан қайтади. Натижада тўлқинлар йўли-

нинг оптик фарқи пайдо бўлади ва тўлқинларнинг қўшилишидан тебранишларнинг максимум ва минимумлари юзага келади. Тўлқинлар фазаси бир хил бўладиган жойларда улар бир-бирини кучайтиради; тўлқинларнинг фазалари қарама-қарши бўладиган жойларда улар бир-бирини сусайтиради (201-расм). Парда паст-



200- расм.



201- расм.

га томон қалинлашиб боргани сари интерференцион йўллар торайиб боради. Агар парда оқ ёруғлик билан ёритилса, йўллар рангли бўлади, бироқ уларда спектрал рангларнинг баъзиларигина бўлади. Бунга сабаб шуки, парданинг олдинги ва орқа сиртидан қайтаётган тўлқинларнинг ажралишида узунлиги турлича ва фазалари турлича бўлган тўлқинлар қўшилади. Бунда баъзи ранглар кучайиб, баъзилари сусаяди, баъзилари эса йўқолиб кетади. Пардада кўринаётган ранглар интерференция туфайли йўқолиб кетган рангларнинг тўлдирувчиларидир.

Юпқа пардаларда бўладиган рангли интерференция ҳодисасини совун кўпикларида, мой ёки нефтнинг ҳўл тротуарда ёйилиб ётган жойларида, кемалар атрофидаги сув юзида, садафда, қиздирилган металл буюмларда ва бошқаларда кўриш мумкин.

Юпқа пардаларда бўладиган интерференция амалда пўлат асбобларни тоблашда қўлланилади. Агар буюмнинг ранги оч сариқ бўлса, бу хол силлиқланган сиртда юпқа оксид пардаси ҳосил бўлганини ва парданинг юқориги ва пастки сиртларидан қайтган ёруғликнинг интерференцияси натижасида бинафша нурларнинг йўқолганини кўрсатади. Парданинг ранги унинг қалинли-

тини, қалинлиги эса ўз навбатида металл буюмининг қандай температурагача қизиганини кўрсатади. Ишчилар металл буюмларнинг қандай температурагача қизиганини «кўз билан» чамалашда ана шундан фойдаланадилар.

Агар оптик ва ўлчов асбобларида шишаларни шундай юпқа парда билан қоплансаки, бунда ёруғлик тўлқинларининг йўлидаги фарқ бинафша ёруғликнинг тўлқин узунлиги ярмидан кам бўлса, у ҳолда оқ ёруғлик парданинг икки сиртидан қайтганида барча рангдаги тўлқинлар қарама-қарши фазаларда бўлади ва интерференция натижасида ёруғлик деярли тўла равишда сўнади. Бундай ҳолларда асбобнинг шишасидан қайтган нурларнинг кўзни қамаштириши мумкин бўлган шуь-лаланиши бўлмайди ва нурлар асбоб ичига кўпроқ ўтади.

Совет олими И. В. Гребеншчиков шишага магний фториднинг ёки криолитнинг қалинлиги 0,14 мк чама-сида бўлган юпқа пардаси суркаш усулини ишлаб чиқ-ди, бунинг натижасида мураккаб оптик асбобларда (фотоаппарат, бинокль, перископ, микроскоп, телескоп, дальномер ва шунга ўхшашларда) ёруғликнинг кўп марта қайтиши бартараф қилинади, бу нарса ўта-ётган ёруғликнинг исрофини бир неча марта камайти-риб, тасвирнинг равшанлиги ва аниқлигини оширади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Тўлқинларнинг интерференцияси нима?
2. Мувофиқлашган (яъни когерент) тўлқинлар деб қандай тўлқинларга айтилади?
3. Нима учун икки ёруғлик манбаидан келаётган нурлар ин-терференцияланмайди?
4. Френель кўзгулари ёрдамида ёруғлик тўлқинларининг ин-терференциясини қандай ҳосил қилиш мумкин?
5. Френель кўзгуларига оқ ёруғлик туширилганда ҳосил бўла-диган интерференцион манзара қандай кўринишда бўлади?
6. Френель кўзгуларига олдин қизил ёруғлик, сўнгра кўк ёруғ-лик туширилганда ҳосил қилинадиган интерференцион манзара қандай ўзгаради?
7. Френель бипризмаси ёрдамида ёруғлик тўлқинларининг ин-терференциясини қандай ҳосил қилиш мумкин?
8. Орасида юпқагина ҳаво қатлами ҳосил бўладиган қилиб бир-бири устига қия қўйилган икки ясси-параллел шиша пластинка-ни монохроматик ёруғлик билан ёритганда қандай интерференци-он манзара ҳосил бўлади?
9. Ньютон ҳалқалари нима ва улар қандай ҳосил қилинади?

10. Сув сиртида қалқиб юрган юпқа керосин қатламида рангли йўллар нима сабабдан пайдо бўлади?

11. Еруғликнинг интерференция ҳодисаси қаерларда қўлланилади?

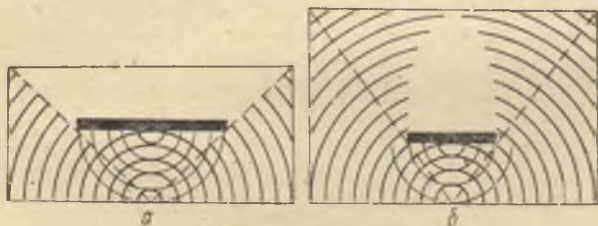
131-§.

Тўлқинларнинг дифракцияси

Сув сиртида тарқалаётган ва сувдаги каттароқ тўсиққа, масалан, сувдан чиқиб турган қоятош, айсберг ёки бетон деворга етиб борган тўлқинлар қисман бугу тўсиқлардан қайтади, қисман эса уларнинг четидан ўтиб ҳаракатини давом эттиради. Агар тўсиқнинг ўлчамлари тўлқин узунлигидан кўп марга катта бўлса, тўлқинлар тўсиқ четидан ўтгандан кейин улар тўғри чизиқ бўйича тарқалади ва тўсиқ ортида тўлқинлар бўлмайдиган каттагина соҳа юзага келади (сокинлик ёки соялар соҳаси), фақат тўсиқдан жуда узоқ масофалардагина тўлқинлар соя соҳасига кира бошлайди, яъни тўсиқни айланиб ўта бошлайди (202-а расм).

Агар тўсиқнинг ўлчамлари тўлқин узунлигидан фақат бир неча мартагина катта бўлса, тўлқинлар тўсиқни айланиб ўтади ва соя соҳаси анчагина камаяди (202-б расм).

Агар тўсиқнинг ўлчамлари тўлқин узунлигидан кичик бўлса, тўлқинлар тўсиқни бутунлай ўраб олади ва гўё ҳеч қандай тўсиқ бўлмагандагидек тарқалаверади



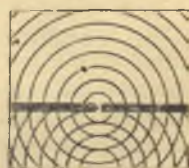
202- расм.

(203- расм). Тўлқинларнинг тўсиқни айланиб ўтиши дифракция деб аталади. Тўлқинларнинг дифракция ҳодисасини товуш тўлқинлари мисолида ҳам осон кузатиш мумкин. Боғдаги дарахтлар қушларнинг хониши-

ни эшитишга халақит бермайди, ҳолбуки катта биноларнинг орқасида эса уларни эшитмаймиз. Бунга сабаб шуки, дарахтларнинг диаметрлари товуш тўлқинларининг узунлигидан кичик ва шунинг учун тўлқинлар дарахтларни осон айланиб ўта олади, бинонинг ўлчамлари товуш тўлқинларининг узунлигидан анча марта катта ва шунинг учун бинони товуш тўлқинлари айланиб ўта олмайди.



203 расм.



204- расм.

Тўлқинлар ўлчамлари ана шу тўлқинларнинг узунлигидан кам фарқ қиладиган тирқишлар орқали ўтганда ҳам тўлқинлар дифракциясини кузатиш мумкин.

Агар тўлқинларнинг ҳаракат йўлида тирқишининг кенглиги тўлқиннинг узунлигидан бир неча марта катта бўлган тўсиқ учраса, тўлқинлар тирқиш орқали ўтади ва тўғри чизиқли тарқалиш қонуни бўйича ўз йўлида давом этади (204-а расм). Агар тўлқинларнинг тарқалиш йўлида учраган тўсиқ тирқишининг кенглиги тўлқин узунлигидан кичик бўлса, тўлқинлар тирқиш орқали ўтгач, икки томонга бурилади. Худди тўлқиний ҳаракатнинг маркази ана шу тирқиш марказига қўчгандагидек манзара ҳосил бўлади (204-б расм).

132- §.

Ёруғликнинг дифракцияси

Френель ёруғликнинг тўлқиний назариясини ўртага ташлаганда олимлардан Пуассон ва Араго бу назария бўйича аниқ ҳисобларни бажардилар ва ёруғлик ўтказмайдиган шардан тушаётган соянинг қоқ марказида ёруғ доғ ҳосил бўлишини математик равишда исбот

қилиб бердилар. Бундай бўлиши бемаънилик деб ҳисобланар эди, шунинг учун бу натижа тўлқиний назарияни рад қилувчи далил бўлди.

Френель шундай тажриба ўтказди ва зарур шароит яратиб қоп-қора соянинг марказида ёруғ доғ ҳосил қилди. Бу қандай бўлди? Бундай ҳодиса нуқтавий ёруғлик манбаидан чиқаётган ёруғлик тўлқинларининг дифракцияси туфайли юз бериши мумкин. Ёруғлик тўлқинлари шарнинг четларини айланиб ўтиб, соя соҳасига киради ва экрандаги соянинг марказига етганда, улар шарнинг четидаги қайси нуқтадан келаётганига қарамай, бир хил масофалар ўтади. Бу ҳолда тўлқинлар шарнинг сояси марказига бир хил фазада келади ва интерференция натижасида бир-бирини кучайтиради, шунинг учун ёруғ доғ ҳосил бўлади. Соянинг қолган қисмларида тўлқинлар навбат билан қарама-қарши фазаларда ва бир хил фазаларда қўшилади, шунинг учун концентрик қора ва ёруғ ҳалқалар ҳосил бўлади. Ёруғлик тўлқинларининг узунлиги 1 мк дан кам бўлганлиги сабабли, ёруғликнинг дифракциясини кузатиш учун олинаниган тўсиқнинг ўлчамлари тўлқин узунлигидан кам фарқ қилиши керак ёки экранни тўсиқдан жуда узоққа қўйиш ва бунда ёруғликнинг жуда кучли нуқтавий манбаидан фойдаланиш керак. Ёруғлик дифракциясини кузатиш учун шундай бир тажриба қил. 5 кўриш мумкин. Ингичка сим олиб, уни монохроматик ёруғлик, масалан, яшил ёруғлик манбаидан ёритиш керак, бунда биз экранда равшан ёруғ йўл кўрамиз (205-расм); агар ёруғлик тўғри чизик бўйлаб тарқалганда бу жойда симнинг қуюқ сояси бўлиши керак эди. Марказий ёруғ йўлдан ҳар икки томонда қора ва тобора сусайиб борувчи ёруғ йўлларни кўрамиз. Ёруғлик тўлқинларининг дифракциясида, яъни тўлқинлар симнинг четларини айланиб ўтиб соянинг марказий қисмига бир хил фазаларда келгандагина бўлиши мумкин бўлган интерференцион манзара юзага келади. Бунда марказий ёруғ йўл ҳосил бўлади. Ёруғлик тўлқинларининг талма-гал қарама-қарши фазаларда ва бир хил фазаларда келишидан марказий йўлга парал-



205-расм.

лел бўлган қора ва ёруғ йўллар ҳосил бўлади. Агар ингичка сим оқ ёруғлик билан ёритилса, ёруғ оқ йўлнинг ёнларида рангли интерференцион йўллар пайдо бўлади.

Кундалик ҳаётда ёруғликнинг дифракциясини биз кўп учратиб турамиз. Агар терлаган дераза ойнаси орқали кўчадаги фонарга қарасак, унинг атрофида камалак ҳалқаларини кўрамиз. Рангли ҳалқалар оқ ёруғлик манбаидан чиқаётган турли узунликдаги ёруғлик тўлқинларининг интерференция ҳодисаси туфайли пайдо бўлади. Бу ҳолда интерференцион манзара дераза ойнасидаги майда-майда сув томчиларида тўлқинларнинг дифракцияси натижасида юзага келади. Оқ ёруғлик манбаига қиров босган шиша орқали қараганда ёки туман, тутун, чанг ҳавода қараганда ҳам бундай ҳодисани кузатиш мумкин. Совуқда Қуёш ёки Ой атрофида камалак «тожлари»ни кўриш мумкин, булар ҳам ҳаводаги жуда кичик муз кристаллчаларида ёруғликнинг дифракцияланишидан юзага келади.

Агар электр лампочкасининг чўғланган толасига кўзни бир оз қисиб қарасак, биз ҳар томонга таралаётган рангли йўлларни кўрамиз. Бу ҳодиса киприкларимизда ёруғлик тўлқинларининг дифракцияланиши туфайли пайдо бўлади. Агар лампочканинг чўғланган толасига қалин тароқ ёки қуш пати орқали, юпкани оқ газмол парчаси орқали қаралса ҳам ёруғликнинг дифракциясини кузатиш мумкин.

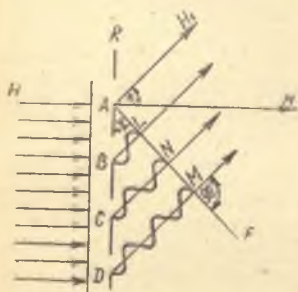
133- §.

Дифракцион панжара ва ёруғлик тўлқинининг узунлигини ўлчаш

Дифракцион панжара шаффофмас тўсиқлар билан ажратилган жуда кўп тор тирқишлардан иборат бўлиб, тирқишлар бир-бирига жуда яқин ва параллел жойлашган бўлади.

Қалин тароқ, қуш пати, киприк ва шунга ўхшаш нарсаларни дифракцион панжара деса бўлади. Фраунгофер икки винтнинг резбаси ариқчаларига тортилган жуда ингичка симлардан тайёрланган дифракцион панжарадан фойдаланган эди. Купинча шишага махсус машина ёрдамида олмос кескич билан зич жойлашган

ингичка штрихлар чизиб тайёрланган дифракцион панжарадан фойдаланилади. Бундай панжарада шишанинг чизиқ чизилмаган тоза жойлари тирқиш бўлади. Дифракцион панжара ёрдамида интерференция ҳодисасига сабаб бўлувчи тўлқинлар дифракцияси манзарасини кузатиш осон. R дифракцион панжарага монохроматик ёруғликнинг ясси тўлқинлари H перпендикуляр йўналишда тушаётган бўлсин (206-расм). Тешикларнинг чеккаларидан дифракцияланиш туфайли бу тўлқинлар кейин ҳамма йўналишлар бўйлаб тарқалади. Тўлқинларнинг ҳар бир тешикдан дифракцияланиш манзараси бир хил бўлади.



206-расм.

Панжарадан дифракцияланиб ўтган тўлқинлар ўз йўлига қўйилган линза орқали ўтгандан кейин интерференцияланиши натижасида экранда марказий ёруғ монохроматик йўл — нолинчи тартибли максимум (0) ва равшанлиги марказий йўлдан икки томонга тобора сусайиб борувчи қатор ёруғ йўллар, яъни 1-, 2- ва 3- тартибли ва ҳоказо максимумлар ҳосил бўлади, бу максимумлар бир-биридан қора йўллар билан ажралган бўлади.

Маълумки, тўлқинлар бир хил фазада қўшилгандагина ёруғ йўллар ҳосил бўлади, бунинг учун эса тўлқинлар йўлининг фарқи ярим тўлқинларнинг жуфт сонига, яъни $2 \frac{\lambda}{2}$, $4 \frac{\lambda}{2}$, $6 \frac{\lambda}{2}$ ва ҳоказога тенг бўлиши керак.

Тўлқинлар қарама-қарши фазаларда қўшилганда қора йўллар ҳосил бўлади, бунинг учун тўлқинлар йўлининг фарқи ярим тўлқин узунлигининг тоқ сонига, яъни $\frac{\lambda}{2}$, $3 \frac{\lambda}{2}$, $5 \frac{\lambda}{2}$ ва ҳоказога тенг бўлиши керак. 206-расмда тушувчи тўлқинларнинг H ҳаракат йўналиши билан ϕ бурчак ташкил қилган биттагина H_1 йўналиши схематик тасвирланган, чунки тўлқинларнинг ҳамма йўналишларини кўрсатиш жуда мураккаб бўлган бўлур эди.

В тешиқдан чиқадиган элементар тўлқин А тешиқдан чиқадиган тўлқиндан BL масофага орқада қолиши керак. С тешиқдан чиқадиган тўлқин А тешиқдан чиқадиган тўлқиндан CN масофага орқада қолиши керак ва ҳоказо. Панжаранинг тешиқлари бир хил масофада жойлашгани учун CN масофа BL дан икки марта катта. Агар BL масофа монокроматик ёруғликнинг λ тўлқин узунлигига тенг бўлиб чиқса, у ҳолда CN масофа икки тўлқин узунлигига тенг бўлади (2λ) ва ҳоказо. Бу ҳолда AF тўғри чизик бўйлаб барча элементар тўлқинлар бир фазада бўлади ва тўлқинларнинг H_1 йўналишига перпендикуляр бўлган AF тўғри чизик янги тўлқин fronti бўлади. Бу тўлқинларнинг ҳаммаси экранга фокусланган, деб фараз қилайлик. Бу ҳолда экранда ёруғ йўл ҳосил бўлади. Тирқишдан ўтган тўлқинларнинг тарқалиш йўналишлари кўп бўлгани учун бу тўлқинларни йиғиб ва экранга тушириб, биз келгусида интерференцияланадиган дифракциянинг тўлиқ манзарасини ҳосил қиламиз, бу манзара навбатма-навбат жойлашган ёруғ ва қора йўллардан иборат бўлади.

Баён қилинган ҳодисани математика йўли билан ифода қилайлик.

Панжарадаги бир тирқишнинг шаффоф бўлмаган қўшни қисм билан бирга олинган кенглигини d билан белгилаймиз ва уни панжара доимийси ёки панжара даври деб атаёмиз (одатда панжаранинг даври панжаранинг ўзида кўрсатилган бўлади). Бу ҳолда $d = AB = BC = \dots$

Чизмадан

$$\frac{BL}{AB} = \sin \varphi \text{ ёки } \frac{BL}{d} = \sin \varphi$$

эканлигини келтириб чиқарамиз, бундан

$$BL = d \sin \varphi.$$

Тўлқинларнинг кучайиш шarti улар йўллари фарқининг ярим тўлқинларнинг жуфт сонига тенг бўлиши, яъни λ , 2λ , 3λ , 4λ , \dots $n\lambda$ га тенг бўлишидир, бинобарин, экранда ёруғ йўл ҳосил бўлиши учун $BL = n\lambda$ шарт бажарилиши керак. Бунга асосланиб туриб

$$n\lambda = d \sin \varphi$$

шартга эга бўламиз. Агар биз ён томондаги биринчи ёруғ бўлини (1-максимумни) оладиган бўлсак, у ҳолда $n=1$ бў-

лади, 1- максимум кузатилаётган φ бурчакни ўлчаб, ёруғлик тўлқинининг узунлигини

$$\lambda = d \sin \varphi$$

формуладан аниқлашимиз мумкин. Ёруғлик тўлқинининг узунлигини аниқлашнинг бу усули жуда содда бўлиб, ажойиб натижалар беради.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Тўлқинларнинг дифракцияси нима ва у қандай шароитда юзага келади?
2. Ёруғлик тўлқинларининг дифракциясини қандай тажрибаларда аниқлаш мумкин?
3. Агар шиша пластинкани мойлаб, унга лакоподий кукуни сепилса ва сўнгра уни кўзга яқин тутиб, лампочкадан чиқаётган ёруғликка қаралса, нима кўринади? Бу тажрибани қилиб кўриб, изоҳлаб беринг.
4. Агар икки лезвияни шиша пластинкага улар орасида торгина тирқиш ҳосил бўладиган қилиб ёпиштирилса ва сўнгра пластинкани кўзга яқин тутиб, ёнаётган лампочка толасига шу тирқишдан қаралса, нима кўринади? Бу тажрибани қилиб кўриб, изоҳлаб беринг.
5. Агар ёнаётган лампочка толасига қуш пати орқали қаралса, нима кўринади? Агар толага қуш пати орқали қараб турганда боши-нгизни у ёқ-бу ёққа бурсангиз нима кўринади? Бу тажрибаларни қилиб кўриб, уларни изоҳлаб беринг.
6. Дифракцион панжара нима ва монохроматик ёруғлик тўлқинининг узунлиги бу панжара билан қандай қилиб ўлчанади?

134- §.

Ёруғлик босими ҳақида тушунча

Кўплаб кузатишлар натижасида астрономлар кометалар Қуёшга яқинлашганда кометаларда дум ҳосил бўлишини аниқладилар. Комета Қуёшга қанчалик яқин келса, бу дум Қуёшдан шунча кўп оғар экан. 1619 йилда астроном Кеплер комета думларининг пайдо бўлишига ёруғликнинг босими сабаб бўлади, деган тахминни айтди.

Ёруғликнинг босими борлигини XIX асрнинг 70- йилларида Максвелл назарий жиҳатдан асослаб берган эди. Бу хулоса ёруғликнинг Максвелл яратган электромагнитик назариясидан натижа сифатида келиб чиқар эди. Сув сиртидаги тўлқинлар, шунингдек товуш тўлқинлари бирор тўсиққа бориб урилганда босим бериш

маълум эди. Бу хосса барча тўлқиний процессларга хосдир. Бироқ Максвелл назариясига мувофиқ, ёруғлик электромагнитик тўлқиндир, шунинг учун ёруғликнинг ҳам босими бўлиши керак.

Атоқли рус астрономи Ф. А. Бредихин Максвелл назариясига асосланиб туриб, комета думларининг ёруғлик босими таъсирида пайдо бўлишига доир изчил гипотеза яратди. Ёруғликнинг босими борлигининг тажрибада тасдиқланиши ниҳоятда катта роль уйнади, чунки фақат практикада тасдиқланган билимгина илмий билим бўлади.

Турли мамлакат олимлари бу проблемани ҳал қилиш устида ўттиз йил давомида тинмай меҳнат қилдилар. Жумладан, бу проблема билан Френель, Крукс шуғулланиб, бироқ ҳеч қандай натижа чиқара олмадилар. Бу ниҳоятда мураккаб проблема атоқли рус олими П. Н. Лебедев томонидан 1899 йилда ёруғликнинг қаттиқ жисмларга босим беришини, 1909 йилда эса ёруғликнинг газларга босим беришини экспериментал равишда аниқланиши билан қисман ҳал қилиб берилди.

Ёруғлик босими ниҳоятда оз бўлгани учун тажрибалар ниҳоятда зўр маҳорат талаб қилар эди. Масалан, тик тушаётган қуёш нурлари билан ёритилган қора сиртга $0,26 \text{ мгс/см}^2 \approx 26 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$ босим берилади.

Тажрибалар натижаларини П. Н. Лебедев шундай ифодалайди:

1. *Тушувчи ёруғлик шуъласи ютувчи сиртларга ҳам, қайтарувчи сиртларга ҳам босим беради.*

2. *Ёруғликнинг босими сирт бирлигига вақт бирлиги ичида тушаётган ёруғлик энергиясига тўғри пропорционал бўлади.*

П. Н. Лебедевнинг ёруғлик босимига онд тажрибалари катта илмий аҳамиятга эга бўлди.

Биринчидан, бу тажрибалар Максвеллнинг электромагнитик назариясининг тўғрилигини тасдиқловчи исботлардан бири бўлди; бу назарияга кўра, ёруғлик тўлқин бўлиб, унинг босими мавжуд эканлиги бу назариядан натижа сифатида келиб чиқади.

Иккинчидан, бу тажрибалар комета думларининг пайдо бўлишига оид Ф. А. Бредихин илгари сурган ва бевосита ёруғликнинг босими мавжуд эканлигига таянган қонуниятни тасдиқлади.

Учинчидан, бу тажрибалар Коинотдаги энг майда моддий зарраларнинг ҳаракатига ёруғлик босими улкан таъсир кўрсатишини тўғри тушунишга имкон берди. Совет олимлари В. А. Амбарцумян, В. Г. Фесенков, О. Ю. Шмидт, А. Г. Шейн, А. Б. Северний ва бошқалар ёруғлик босими борлигидан космогонияда кенг фойдаландилар.

Туртинчидан, бу тажрибалар масса ҳақидаги янги таълимотга асос солди, чунки П. Н. Лебедев тажрибаларидан ёруғликнинг массага эга эканлиги келиб чиқади, шу туфайли нурланиш ҳоли учун ҳам энергия ва массанинг бирлиги ва узвий боғлиқлиги ҳақидаги муносабат мавжуд бўлиши керак.

Ҳақиқатан ҳам, Максвелл назариясидан шу нарса келиб чиқадики, ёруғликнинг босими сирт бирлигининг бир секундда ютган ёруғлик энергиясининг ёруғлик тезлигига бўлинганига тенг, яъни

$$p = \frac{E}{c},$$

бу ерда p —босим, E —ёруғликнинг бир секундда ютилган энергияси, c —ёруғликнинг тезлиги.

П. Н. Лебедев қора сиртга ёруғликнинг берадиган босими ёруғлик зарраларининг массаси билан ёруғлик тезлиги кўпайтмасига (ҳаракат миқдорига) тенг эканлигини исбот қилди, яъни

$$p = mc.$$

Бундан

$$\frac{E}{c} = mc \text{ ёки } E = mc^2$$

тенглик ҳосил бўлади. Бу муносабат энергиясиз масса бўлмаслигини ва массага эга бўлган моддий ташувчиси энергия бўлмаслигини билдиради. Бу муносабат умуман ҳозирги замон физикасида ва хусусан атом физикасида ядродаги ички энергияни ҳисоблашда катта аҳамиятга эгадир.

П. Н. Лебедев узининг тажрибалари билан ёруғликнинг моддийлигини, материя билан ҳаракатнинг ажралмаслигини ва электромагнитик майдоннинг моддийлигини шак-шубҳасиз исбот қилиб берди.

П. Н. Лебедев тажрибалари шуни кўрсатдики, ёруғлик (умуман нурланиш) соф энергия эмас, қурч

ҳаракат ҳам эмас, балки худди модда сингари, материянинг сифат жиҳатидан алоҳида бир шаклидир.

Академик С. И. Вавилов ўзининг «Ёруғлик ҳодисаларининг диалектикаси» деган мақоласида П. Н. Лебедев тажрибалари устида тўхталиб шундай деб ёзган эди: «Шу пайтдан бошлаб ... ёруғлик тўла асос билан физика учун ҳаракатдаги материянинг шаклларида бири бўлиб қолди ва ёруғлик билан материяни қарама-қарши қўйиш бу синтезда батамом йўқолди».

П. Н. Лебедев томонидан ёруғлик босимининг исбот қилиниши рус фанининг буюк музаффариятидир.

135- §.

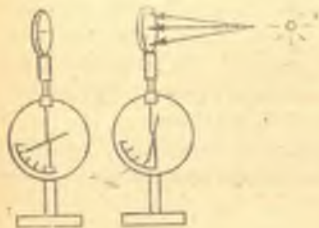
Фотоэффeкт ҳодисаси.

Ёруғлик квантлари ҳақида тушунча

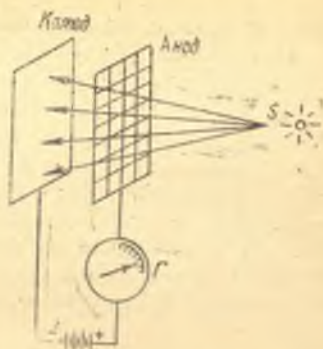
Электрометрга уланган рух пластинкани оламиз ва уни юксак потенциалгача манфий заряд билан зарядлаймиз (207-расм). Пластинкани таркибида ультрабинафша нурлар бўлган кучли ёруғлик манбан, масалан, электр ёйи билан ёритамиз, бунда пластинка ўз зарядини тез йўқотаётганини сезамиз. Нурларнинг йўлига ультрабинафша нурларни ўтказмай қўядиган қалин шиша пластинкани қўйиб тажрибани такрорлаймиз, лекин бунда пластинка ўз зарядини йўқотмайди. Бошқа металллар, масалан, калий, натрий, рубидий, цезийдан қилинган пластинкалар ўзидаги манфий зарядини ультрабинафша нурлар таъсиридагина эмас, ҳатто кузга кўринадиган нурлар таъсирида ҳам йўқотади. Рух пластинкани мусбат заряд билан юксак потенциалгача зарядлаймиз ва электр ёйи билан ёритамиз, бу ҳолда пластинка ўз зарядини йўқотмаганини кўрамиз.

Металл жисмларнинг ёритилганда манфий зарядини йўқотиши ташқи фотоэлектр эффекти ёки, қисқача, ташқи фотоэффeкт дейилади.

Фотоэффeкт ҳодисасини 1887 йилда немис физиги Герц кашф этди. Герц учқунли разрядни ўрганар экан, манфий электрод ультрабинафша нурлар чиқарувчи электр ёйи билан ёритилганда разряднинг кичикроқ кучланишда бошланишини пайқаб қолади. Фотоэффeкт ҳодисасини ўрганишни биринчи бўлиб атоқли рус олими А. Г. Столетов 1888 йилда бошлаб берди.



207- расм.



208- расм.

Столетов тажрибаларининг моҳияти қуйидагича эди.

Бирн пластинка кўринишида, иккинчиси тўр кўри- нишида бўлган икки металл электрод вертикал жой- лаштирилган (208- расм). Пластинка элементлар бата- реясининг манфий қутбига уланиб катод ролини ўтай- ди, тўр эса батареянинг мусбат қутбига уланиб анод ролини ўтайди. Занжирга гальванометр кетма-кет улан- ган. Ғритилмаганда (қоронғида) занжирда ток бўлма- йди. Бироқ катодни электр ёйндан чиқаётган ёруғлик билан ёритилган ҳамона занжирда ток пайдо бўлади. Демак, ёруғлик катоддан электронлар уриб чиқарган ва улар анодга қараб ҳаракатланган.

Ташқи фотоэффектнинг электроний характерини не- мис физиги Ф. Ленанд 1899 йилда исбот қилиб берди. Ленанд ёруғлик уриб чиқарган электронлар тезлиги ёруғлик манбаининг интенсивлигига боғлиқ бўлмасли- гини аниқлади.

Фотоэффект ҳодисасини ҳар томонлама ўрганиш унинг иккита муҳим қонунини очишга олиб келди:

1. *Металлга ўзгармас тўлқин узунликдаги ёруғлик туширилганда фототок катталиги ютилган ёруғлик энергиясига тўғри пропорционал бўлади (Столетов қонуни).*

2. *Ёруғлик уриб чиқарган электронларнинг тезлиги ёруғлик тўлқинининг тебраниш частотасига тўғри про-*

порционал ва тушаётган ёруғлик оқимининг катталмига боғлиқ бўлмайди (Эйнштейн қонуни).

Назарий равишда топилган Эйнштейн қонунини совет физиклари П. И. Лукирский ва С. С. Прилежаев 1928 йилда экспериментал равишда текшириб кўрдилар. Ёруғликнинг тўлқин узунлиги қанча кам бўлса, унинг тебранишлар частотаси шунча катта бўлади ва уриб чиқарилган электронлар шунча катта тезлик билан ҳаракат қилади. Масалан, ультрабинафша нурлар уриб чиқарган электронларнинг тезлиги бинафша нурлар уриб чиқарган электронларнинг тезлигидан катта бўлади.

Бу ҳодиса ёруғликнинг тўлқиний назариясига зид келар эди. Ҳақиқатан ҳам, тўлқиний назарияга мувофиқ, ёруғлик манбаи қанча кўп энергия юборса, уриб чиқарилган электронлар ҳам шунча катта энергияга эга бўлиши ва, бинобарин, уларнинг тезликлари шунча катта бўлиши керак. Тажрибалар бундай бўлишини тасдиқламади ва шунинг учун Эйнштейн фотоэффект сабабини очиб бериш учун немис физиги М. Планк тазсия қилган квант назариясидан фойдаланди. Квант назариясига асосан, ёруғлик узлуксиз чиқарилмайди, балки узлукли равишда, айрим порциялар тарзида чиқарилади. Атомнинг тайинли бир тўлқин узунликдаги ёруғлик чиқариш йўли билан нурлаган энергия миқдори энергия кванти деб аталди.

Узунлиги турлича бўлган тўлқинлар учун энергия кванти ҳам турлича бўлади. Тўлқиннинг узунлиги қанча кичик бўлса, энергия кванти шунча катта бўлади. Шунинг учун қизил нурларнинг энергия кванти бинафша нурларнинг энергия квантидан кичик бўлади; бинафша нурларнинг энергия кванти ультрабинафша нурлар ёки рентген нурларининг энергия квантидан кичик бўлади.

Фотоэффектнинг иккинчи қонуни квант назарияси асосида осонгина талқин этилади.

Битта квант атомдан фақат битта электрон уриб чиқара олади.

Квантнинг энергияси тўлқин узунлигига боғлиқ бўлади, тўлқин қанча қисқа бўлса, квантнинг энергияси шунча катта бўлади. Бинобарин, квантнинг энергияси электроннинг кинетик энергиясига айланганда унинг тезлиги ҳам тўлқиннинг узунлигига боғлиқ бўлиши

керак. Ёруғликнинг тўлқин узунлиги қанча қисқа (ёки частотаси қанча катта) бўлса, электроннинг тезлиги шунча катта бўлиши керак. Битта нурланиш кванти энергияси билан унинг частотаси орасидаги боғланиш

$$\epsilon = h\nu$$

формула билан ифодаланади, бу ерда h —Планк доимийси, ν —частота. $h = 6,62 \cdot 10^{-27}$ эрг·с = $6,62 \cdot 10^{-34}$ Ж·с эканлиги тажриба йўли билан аниқланган. Агар ёруғлик квантининг энергияси электронни уриб чиқариш ишини бажариш учун етарли бўлмаса, фотоэффект ҳодисаси бўлиши мумкин эмас.

Фотоэффектни кузатиш мумкин бўлган энг катта тўлқин узунлиги электроднинг аини шу материали учун фотоэффектнинг қизил чегараси деб аталади.

Ёруғлик тўлқинининг узунлиги кам бўлса, тебранишлар частотаси ортиқ бўлади, бинобарин, ёруғликнинг ҳар бир кванти энергияси ортиқ бўлади. Ёруғлик тўлқинининг тебраниш частотаси тегишли қийматга эришганда ёруғликнинг ҳар бир кванти энергияси электронни уриб чиқариш учун етарли бўлиб қолади ва фотоэффект ҳодисаси рўй беради. Бунда фотоннинг $h\nu$ энергияси металлдан электронни уриб чиқаришда бажариладиган A ишга ва электронга $mv^2/2$ кинетик энергия беришга сарф бўлади, яъни

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$$

(ёруғлик кванти фотон деб аталади).

Агар $h\nu \leq A$ бўлса, у ҳолда $v = 0$ ва фотоэффект ҳодисаси бўлмайди. Ҳар бир модда учун шундай частота мавжудки, бу частотадан пастда фотоэффект ҳодисаси бўлиши мумкин эмас. Ёруғлик квантларининг борлиги тажрибада исбот қилинган.

136- §.

Фотоэлементлар ва уларнинг ишлатилиши

Ишлаши фотоэффект ҳодисасига асосланган асбоб фотоэлемент дейилади.

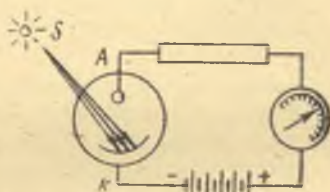
Фотоэлементлар уч турга бўлинади: 1) ташқи фотоэффектли фотоэлементлар, 2) ички фотоэффектли фотоэлементлар ва 3) вентилли фотоэлементлар (ёки беки-

тувчи қатламли фотоэлементлар), бундай фотоэлементлар аслида ток генераторларидир.

А. Г. Столетовнинг қурилмасини ташқи фотоэффект-ли фотоэлемент дейиш мумкин. Ҳозирги замон фотоэлементлари шиша баллон бўлиб, унинг ички юзига ёруғлик сезадиган қатлам суркалган ва ёруғлик кирадиган кичкина дарча қолдирилган (209-расм). Ультрабинаф-

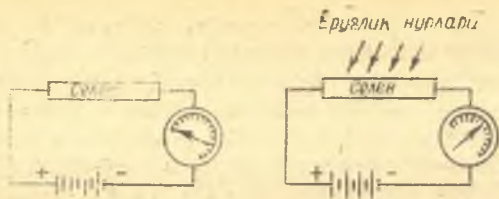


209- расм.



210- расм.

ша нурлар тушириладиган лампада бу дарча кварцдан қилинади. Ёруғлик сезадиган қатлам катод бўлиб, унинг учи ташқарига чиқарилган. Баллонга кавшарланган металл ҳалқа анод бўлади. Одатда баллонда вакуум ҳосил қилинади, бироқ баъзида баллонга инерт газ, масалан, неон ёки аргон киргизилади. Вакуум фотоэлементлар ўзига тушган ҳар бир люмен ёруғлик ҳисобига 5 дан 30 микроампергача ток беради, ҳолбуки газли фотоэлементлар эса ҳар люменга 30 дан 700 гача микроампер ток беради. Бундай асбобларда фототок катод сиртидан уриб чиқарилган электронлар таъсирида газнинг (аргон ёки неоннинг) ионлашиши ҳисобига ортади. Батареянинг кучланиши қанча юксак бўлса, фототок шунча кўп кучаяди. Бироқ юксак кучланишда газ катод ёритилмаганда ҳам ток ўтказувчан бўлиб қолиши мумкин, шунинг учун газли фотоэлементлар одатда 250—300 В дан ортиқ бўлмаган кучланишларда ишлайди.



211- расм.

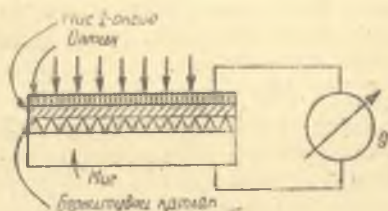
Фотоэлементлар тайёрлаш учун ҳамма металллар ҳам бир хилда ярайвермайди. Рух, мис, темир, платина, никель, вольфрам фақат ультрабинафша нурларни яхши сезади. Бу металллар кўзга кўринувчи нурлар таъсирида мутлақо электронлар чиқармайди.

Натрий, калий, рубидий, цезий ва бошқа шунга ўхшаш баъзи металлларда фотоэффектни ҳатто кўзга кўринадиган нурлар ҳам юзага келтира олади. Шунинг учун бу металллар амалда фотокатодлар тайёрлаш учун кўпроқ қўлланилади.

Фотоэлементларнинг ҳозирги замон катодлари мураккабдир. Масалан, фотоэлемент колбасининг шиша сиртига кумуш қатлами ялатилади. Бу қатламга жуда юпқа қилиб цезий оксиди пардаси, унинг устидан соф цезийнинг юпқа қатлами қопланади. Мураккаб катодли фотоэлемент ҳамма тўлқин узунликтаги нурларни эмас, балки тайинли бир тўлқин узунликтаги нурларни яхши сезади. Масалан, кислород — цезийли фотоэлемент қизил ва инфрақизил нурларни айниқса яхши сезади, маълумки, бундай нурлар одатдаги ёруғлик манбаларида жуда сероб бўлади. Мураккаб-катодларнинг бу хоссаси «сайлаш» ёки «селективлик» хоссаси деб аталади. Сурьма — цезийли фотоэлементлар ҳам кенг тарқалган. Улар айниқса кук-яшил нурларни яхши сезади. Ташқи фотоэффектли фотоэлементнинг занжирга уланиш схемаси 210- расмда кўрсатилган. Ярим ўтказгичли, яъни ички фотоэффектли ва бекитувчи қатламли фотоэлементлар кенг тарқалган.

Агар селен пластинка олиб, уни схемада кўрсатилгандек қилиб (211- расм) занжирга уласак, қоронғида занжирда деярли ток бўлмайди, чунки селен қоронғида токни мисга нисбатан 70 млрд. марта ёмон ўтказилади. Агар селен пластинкани ёритсак, занжирдаги ток

кучи кескин ортади. Бу турдаги асбоблар фотоқаршиликлар дейлади. Уларнинг ишлаши ички фотоэффектга, яъни ёруғлик таъсирида ярим ўтказгич моддасининг атомларидан электронлар уриб чиқарилишига ва бу электронларнинг модда ичида қолиб, унинг ўтказувчанлигини оширишига асослангандир. Бекитув-



212- расм.

чи қатламли ярим ўтказгичли фотоэлементлар (яъни вентилли фотоэлементлар) алоҳида равишда тузилган. Бундай фотоэлементлар жумласига мис (I)-оксидли (купроксли), олтингугурт — таллийли фотоэлементлар ва бошқалар кирради.

Вентилли фотоэлементлар ташқи кучланиш манбаи уланмагани ҳолда ишлайди ва асосан фото-э. ю. к. манбалари бўлиб хизмат қилади.

Мисол сифатида купроксли фотоэлементни қарайлик. Мис пластинка юзига мис (I)-оксид (ярим ўтказгич) қатламини суртилади, бу қатламга чанглатиш йўли билан жуда юпқа ярим шаффоф олтин пардаси ётқизилади (212- расм), бу парда электрод бўлиб хизмат қилади.

Агар бундай фотоэлементнинг олтин қавати ёритилса, ташқи занжирда ток пайдо бўлади, бу токнинг кучи ёруғлиқнинг интенсивлигига боғлиқ равишда ўзгаради.

Бу ҳолда мис билан мис (I)-оксид орасида токни фақат бир томонга ўтказувчи катта қаршиликли қатлам ҳосил бўлади. Бу қатлам бекитувчи қатлам дейлади, бу қатламда электронлар фақат бир томонга: мис (I)-оксиддан мис томонга ҳаракатланади, бинобарин, ток бунга тесқари йўналишда ўтади.

Купроксли фотоэлементлардан ташқари селен — қўрғошинли, теллур — қўрғошинли, олтингугурт — таллийли ва бошқа фотоэлементлар кенг қўлланилади.

Вентилли фотоэлементларнинг сезгирлиги люменга 1000 микроамперга етади.

Барча хилдаги фотоэлементларни техникада қўллаш ҳаддан ташқари кенг ва турли-тумандир. Овозли кино, тасвирларни симлар орқали узатиш (фототелеграф), телевидение, автоматика ва телемеханикага тегишли кўп масалаларни фотоэлементлар ишлатмасдан ҳал қилиб бўлмас эди. Люкс ҳисобида даражаланган гальванометрга уланган фотоэлемент жуда сезгир люксметр-дир, шунинг учун у фотометрияда самарали равишда ишлатилипти. Газмол ва қоғозни оқартиришни контрол қилиш, сиртларга ишлов бериш даражасини текшириш, газ ва суюқликларнинг шаффофлик даражасини текшириш, металлургия печларида температуранинг контрол қилиб туриш ва шу каби ишларда фотоэлементлардан фойдаланилади. Кучайтиргич ва ижро қилувчи қурилмага уланган фотореле ёрдамида кучадаги чироқларни қоронғи туша бошлаши билан ёқадиган ва тонг ёришини билан учирадиган, бакен ва маякларни ёқадиган, ҳавода чанг кўпайиб кетганда вентиляцияни юргизадиган қурилмаларни автоматик равишда ишга тушириш мумкин; прокат станларида буюмлар жўвадан чиқиши билан электр двигателларининг айланиш йўналишининг ўзгартириш, автомобиль келганда гараж эшигини очиш, семафор ёпиқ бўлганда поездни тўхтатиш, конвейерда ҳаракатланаётган буюмларни санаш, материал ва тайёр буюмларни ранги, ишлов бериш тозаллиги, шакли ва ўлчамига қараб навларга ажратишда бундай фотореледан фойдаланилади.

Телемеханикада фотоэлементлар катта роль ўйнайди, чунки уларнинг ёрдами билан турли-туман электротехник, метеорологик ва бошқа асбобларнинг кўрсатишларини қайд қилиш, бу маълумотларни электр импульсларига айлантириб, уларни симлар ёки радио орқали узоқ масофаларга узатиш мумкин.

Ёрнинг сунъий йўлдошлари ва космик кемаларда Қуёш батареялари ишлатилади. Улар кремнийли фотоэлементлар бўлиб, Қуёш нурлари энергиясини кемадаги асбобларнинг ишлаши учун керак бўлган электр энергиясига айлантириб беради.

1. Ёруғлик босимнинг мавжудлигини ким ва қачон назарий равишда асослаб берган эди?
2. Ёруғликнинг қаттиқ жисмларга ва газларга босим бериши-ни ким ва қачон тажрибада тасдиқлаган эди?
3. Ёруғлик босимнинг катталиги нимага тенг?
4. П. Н. Лебедев ёруғлик босимига доир тажрибаларининг натижаларини қандай ифодалади?
5. П. Н. Лебедевнинг ёруғлик босимига доир тажрибаларининг илмий аҳамияти нимадан иборат?
6. Ташқи фотоэффект деб нимага айтилади ва уни ким кашф этган?
7. Фотоэффектни тадқиқ қилишни ким ва қачон бошлаб берган?
8. Фотоэффект қонуларининг моҳияти нимадан иборат?
9. Нима учун фотоэффектнинг иккинчи қонунини ёруғликнинг тулқиний назариясига асосланиб изоҳлаб бўлмайди?
10. Ёруғлик кванти нима ва унинг энергияси билан частота ўртасидаги боғланиш қандай?
11. Фотоэффектнинг иккинчи қонунини квант назариясига мувофиқ қандай қилиб изоҳлаб бериш мумкин?
12. Ташқи фотоэффектли фотоэлемент қандай тузилган ва у электр занжирига қандай уланади?
13. Купроксли фотоэлемент қандай тузилган?
14. Фотоэлементларнинг қўлланишига доир мисоллар келтиринг.

137- §.

Ёруғликнинг иссиқлик ва химиявий таъсири

Ёруғлик жисмларга тушиб, қисман қайтади, қисман эса жисмнинг ичига киради ва маълум миқдорда ютилиб, бошқа тур энергияларга айланади. Кўпинча ёруғлик энергияси жисмларнинг ички энергиясига айланади, бунда жисмлар исийди. Қуёш нурларида жисмларнинг қизишини ҳамма ҳам кузатган.

Қуёшдан Ер сиртининг 1 см^2 юзига 1 минут ичнда бу сиртга перпендикуляр йўналишда тахминан 8 Ж энергия келади. Бироқ оқ буюмларнинг қора буюмларга нисбатан камроқ қизишини сезиш осон, чунки оқ сиртдан нурлар қора сиртдагидан кўра кўпроқ қайтади. Қора қурум ва қора бахмал сингари жисмлар ўзига тушаётган ёруғликнинг 98% га яқинини ютади. Умуман қора ва гадир-будур сиртли жисмлар ёруғликни оқиш силлиқ сиртли жисмларга қараганда кўпроқ ютади.

Қуёш энергиясининг иссиқликка айланишидан техникада фойдаланиш мумкин.

Мисол учун сув иситгичларни кўрайлик. Қуёш нурларарида сув иситишнинг принципи жуда содда. Яхшилаб изоляцияланиб, устига шиша ёпилган қути худди «парник»ка ўхшаб қолади. Шиша кўзга кўринадиган нурларни ўтказди, улар сувни иситади. Сувдан чиқадиган ультрабинафша нурларни эса шиша ўтказмайди. Шу тўғрисида сувнинг температурасини 100—200° С гача кўтариш мумкин.

Қуёш нурлари билан иситадиган сув иситгичлар қуриш билан бирга совет олимлари катта гелиотехника барпо этиш соҳасида иш олиб бормоқдалар, бу нарса Қуёш энергиясидан саноатда фойдаланишдек улкан проблемани тубдан ҳал қилган булар эди.

Қуёш энергиясининг поёнсиз бойликларидан фойдаланиш имкониятлари гоёт қизиқарлидир. Чунки фақат Ўзбекистон майдонига тушаётган Қуёш нурларининг ўзи бир неча минглаб Днепрогэслар ишлаб чиқараётган энергияга тенг энергия бериши мумкин.

СССР нинг қуёшли кунлари жуда кўп бўладиган жойларида сферик ва парабolik кўзгули гелиоустановкалар қўллаш кенг авж олмоқда. Юпқа темир-бетондан ишланиб, кумушланган дераза ойнаси билан қопланган 500 м² сиртли кўзгу параболоиднинг қуввати 500 кВт га тенг. Параболоиднинг фокуси яқинига буг қозони ўрнатилган. Параболоид қуёш нурларининг йўналишига қараб автоматик равишда бурилиб туради.

Кўп ҳолларда ёруғлик химиявий таъсир кўрсатади. Масалан, Қуёш ёруғлиги таъсирида турли газмолларнинг ранги ўзгаради, бунга бўёқларнинг ультрабинафша нурлар таъсирида оксидланиши сабаб бўлади; ёруғлик таъсирида водород (H₂)-оксид сув ва кислотадга ажралади, хлор аралашмаси водород билан шиддатли бирикиб, портлаш рўй беради.

Ёруғликнинг фотография пластинкаси ёки фотография плёнкасига кўрсатадиган химиявий таъсири жуда кўпчиликка маълум бўлиб, техникада кенг қўлланилади.

Усимликларнинг бутун яшил қисмларида бўладиган хлорофиллда жуда муҳим фотографик процесслар бўлади. Хлорофилл энг кўп ютадиган қизил нурлар таъсирида карбонат ангидрид газни кислород ва углеродга парчаланади. Келгуси химиявий айланишлар (ўзгаришлар) ультрабинафша нурлар таъсирида юз беради. Но-

органик моддаларнинг бирикиши натижасида мураккаб органик моддалар, масалан, оқсил, ёғ, углевод ва витаминлар ҳосил бўлади. Бу ҳодиса фотосинтез деб аталади. Фотосинтезда бўладиган энергетик процессларни аниқлашда рус олими К. А. Тимирязевнинг хизматлари катта.

138- §.

Люминесценция

Қўпчилик моддаларга рентген нурлари, ультраби-нафша нурлар, қўринувчи нурлар, катод нурлари ёғдирилганда бу моддалар ёруғлик чиқара бошлайди; баъзан нур ёғдириб бўлгандан кейин ҳам анча вақт давомида модда ёруғлик чиқариб туради, масалан, қоронғида авиация соатлари ва бошқа асбобларнинг стрелка ва циферблатлари нур чиқариб туради.

Бундай ёруғлик чиқаришда температура кўтарилмайди, шунинг учун у «совуқ нурланиш» ёки люминесценция дейилади.

Жисмларга нур ёғдириш тўхтатилгани ҳамона тўхтайдиган қисқа муддатли нур чиқариш флюоресценция деб аталади (бу ном биринчи марта шундай нурланиш пайқалган флюорит минерали номидан келиб чиққан).

Нур ёғдириб бўлгандан кейин нур чиқариб туриш ҳодисаси фосфоресценция деб аталади (бундай нурланиш одатдаги фосфорнинг нурланишини эслатгани учун шундай аталади).

Агар керосин, машина мойи ёки одеколонга Қўёш ёруғлиги туширилса, бу моддалар Қўёш ёруғлиги таъкибида бўлган ультрабинафша нурлар таъсирида кўкиш рангда нур чиқариб туришини кўриш мумкин.

Қўп моддалар қаттиқ ҳолатда ана шундай хусусиятга эга бўлиб, улар кўзга кўринмайдиган нурларни кўринадиган нурларга айлантира олади. Шунинг учун бундай моддалар люминофорлар деб аталади.

Инглиз физиги Стокс бундай қонда топди: люминесценциянинг тўлқин узунлиги моддага тушаётган нурнинг тўлқин узунлигидан ҳаминша катта бўлади.

Масалан, махсус родамин бўёғи кўк нурлар таъсирида қизил нур чиқаради, флюоресценция бўёғи эса ўша кўк нурлар таъсирида яшил нур чиқаради.

Хлорофиллнинг спиртдаги эритмаси ультрабинафша нурлар таъсирида қизил нур чиқаради.

Бу ҳодиса сабабини квант назарияси асосида изоҳлаб бериш мумкин.

Моддага тушаётган ёруғлик кванти ўз энергиясининг бир қисмини атомнинг люминесценция билан боғлиқ бўлган ўзгаришига сарф қилади. Шунинг учун люминесценция ёруғлигининг кванти энергияси моддага тушаётган ёруғлик кванти энергиясидан кам бўлиши керак.

Маълумки, ёруғлик квантининг частотаси қанча катта ёки тўлқин узунлиги қанча қисқа бўлса, ана шу ёруғлик квантининг энергияси катта бўлади.

Бундан люминесценциянинг тўлқин узунлиги моддага тушаётган нурнинг тўлқин узунлигидан катта бўлиши керак, деган хулосага келиш мумкин. Бундай хулоса тажрибаларга жуда мувофиқ келади.

Люминесценция ҳодисаси М. В. Ломоносов ва В. В. Петровнинг эътиборини ўзига тортган эди.

В. В. Петров биолюминесценцияни ўрганишга доир кўп тажрибалар ўтказди, масалан, у чириган дарахт, айниган гушт ва бошқа жисмларнинг люминесценциясига доир тажрибалар ўтказди.

Совет академиги С. И. Вавилов ноорганик моддаларнинг люминесценциясини ўрганишга доир катта ишлар қилди. Унинг раҳбарлигида люминесцент лампа (кундузги ёруғлик лампаси) яратилди ва бу лампа ҳозирги вақтда техникада кенг қўлланилмоқда.

Одатдаги чўғланма лампаларнинг иккита йприк камчилиги бор: 1) бу лампалар электр энергиясини жуда тежамсиз сарфлайди ва 2) улар берадиган ёруғлик Қуёш ёруғлигидан сифат жиҳатидан катта фарқ қилади. Масалан, рус иxtирочиси Лодигин яратган биринчи электр лампочкасининг ф. и. к. 0,5% га тенг эди. Вольфрам толали газ тўлдирилган ҳозирги замон электр лампочкаларининг ф. и. к. 10% га етади.

Ёруғликнинг юқори температурали манбаларининг ф. и. к. 14% дан ортиқ бўла олмаслиги фанда исбот қилинган, ҳолбуки совуқ нурланиш манбаларининг ф. и. к. 80% дан ортиши мумкин?

Кундузги ёруғлик лампаларининг биринчи афзал томони ана шундадир.

Кундузги ёруғлик лампаларининг иккинчи афзаллиги улар бераётган ёруғликнинг юқори сифатли бўлишидир.

Агар одатдаги электр лампочкаси кундузи ёқиб қўйилса, унинг қизғиш-сариқ нури унчалик ёқимли бўлмайди. Кечқурун эса бу лампа хонадаги буюмларнинг рангини бузиб кўрсатади. Кўк ранг қора бўлиб, яшил ранг хира ва кир босгандек бўлиб, зарғалдоқ ва қизил ранглар эса жуда равшан бўлиб кўринади.

Люминофорлар чиқарадиган нурлардан фойдаланиш учун кварц шишали симоб лампа ишлатиш мумкин, чунки ультрабинафша нурлар кварц шиша орқали бемалол ўтади, бироқ кварц шиша эмас, оддий шишадан фойдаланиш ҳам мумкин.

Люминофорни лампа ичига жойлаштирилса, бу ҳолда ультрабинафша нурлар люминофорга тушиб, кузга кўринадиган нурларга айланади, бундай нурлар оддий шишадан бемалол ўтаверади.

Бундай лампанing ф. и. к. 40% га яқин. Бу лампа 1 Вт қувват ҳисобига 60 лм ёруғлик энергияси беради, ҳолбуки энг яхши чуғланма лампалар 1 Вт ҳисобига 14 лм ёруғлик энергияси беради.

Ҳозирги вақтда люминесцент лампалар кенг миқёсда қўлланилмоқда, улар Москва ва бошқа йирик шаҳарларда чуғланма лампаларни тобора сиқиб чиқармоқда.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Нур энергиясининг иссиқликка айланишига доир мисоллар келтиринг.
2. Техникада Қуёш нурларидан фойдаланишга доир мисоллар келтиринг.
3. Ёруғликнинг химиявий таъсирига мисоллар келтириг.
4. Люминесценция ҳодисаси нимадан иборат?
5. Стокс қондаси нимадан иборат?
6. Люминесценциядан техникада фойдаланишга доир мисоллар келтиринг.

АТОМ ТУЗИЛИШИ

139- §.

Атом тузилишининг мураккаблиги -

Атом сўзи бўлинмас деган маънони билдиради.

Бироқ ҳақиқатда шундайми? Йўқ, мутлақо бундай эмас. XX асрда фан атомнинг бўлинувчан эканлигини исбот қилган. Бироқ XIX асрда олимлар ўз назарий фикрларини экспериментда исбот қила олмаган бўлсалар-да, атом тузилиши мураккаб эканлиги ҳақидаги фикрга келган.

Д. И. Менделеев химиявий элементларнинг даврий қонуини кашф этгандан кейин атомнинг тузилиши мураккаб деган хулосага келди. У шундай деб ёзган эди: «Бу иш содда бўлиб кўринса-да, ҳозирча бу даврийлик қонуини етарлича асослаб берувчи бирор гипотезани айтиш имкони йўқ...

Оддий жисмларнинг атомлари аслида яна кичик қисмларнинг (ультиматларнинг) қўшилишидан ҳосил бўлган мураккаб моддалардир, биз бўлинмас деб айтаётган (атом) фақат одатдаги химиявий кучлар билангина бўлинмасдир деб фараз қилиш осон, бироқ ҳозирча бунга исбот қилиш имкони йўқ».

Атомлар тузилишининг мураккаблиги ва уларнинг келгусида парчаланиши мумкин эканлигини XIX аср охирида рус кимёгари А. М. Бутлеров кўрсатиб ўтган эди.

Жисмларнинг ишқаланишида электрланишини ўрганиш, электролиз, газларнинг ионланиши, катод нурлари, фотоэффект ва радиоактивликни тадқиқ қилиш атомлар ичида манфий электр хоссаларига эга бўлган ва электрон деб аталган жуда майда зарралар бор эканлигини яққол исбот қилиб берди. Шундай қилиб, атом материянинг мураккаб зарраси эканлиги исбот қилинди. Катод нурларининг электр ва магнит майдонларида ўғишйни кузатиш электронларнинг бу майдонларда қиладиган ҳаракатининг тезлигини ҳисоблашга ва улар зарядининг массасига нисбатини (e/m) аниқлашга имкон берди. Электроннинг заряди электролиз қонунлари асосида ҳисоблаб топилди ва сўнгра бевосита ўлчанди, бу

заряд электр миқдорининг $4,8 \cdot 10^{-10}$ электростатик бирлигига ёки $1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл га тенг бўлиб чиқди. Электроннинг зарядини ва зарядининг электрон массасига нисбатини билган ҳолда электроннинг массасини ҳисоблаб чиқариш мумкин. Электроннинг массаси $9 \cdot 10^{-31}$ кг га тенг (яхлитлаб олинган қиймати). Бу масса водород атомидан 1940 марта кичик.

140-§.

Атомнинг электрон қобиғи.

Атом ядроси

Атомлар таркибига электронлар — элементар манфий электр заряди ташувчилар киришини биз билемиз.

Бироқ физика ва химия соҳасидаги кўп тадқиқотлар барча моддаларнинг молекулалари ва атомлари электр жиҳатидан нейтралдир деган хулосага олиб келади. Қандай шароитда ҳар қандай атом электр жиҳатидан нейтрал бўлиши мумкин, деган савол тугилади. Атомда мусбат заряд ташувчи зарралар бўлганда ва бу зарралар сони манфий зарядлар сонига тенг бўлгандагина атом электр жиҳатидан нейтрал бўлади, деб жавоб бериш мумкин.

Фақат ана шундай шароитдагина атом электр жиҳатидан нейтрал бўлади.

Атомлар таркибига кирувчи зарралар бир-бирига нисбатан қандай жойлашган, деган бошқа савол ҳам тугилади.

XX асрнинг биринчи ўн йили давомида атом тузилиши ҳақида кўплаб гипотезалар айтилган эди, бироқ атом тузилишининг сирларини очиш учун физиклар жуда мураккаб ва нозик тажрибалар бажаришлари керак эди.

Атом тузилиши сирларини қисман очувчи илк тажрибаларни 1912—1919 йилларда Резерфорд ўтказди. У хилма-хил моддаларга гелий ионларини ёғдирди (гелий ионлари радиоактив моддалардан чиқади ва α -зарралар деб аталади).

Тажрибалар Вильсоннинг ионизацион камераси деб аталувчи асбоб ёрдамида ўтказилди (213-расм). Вильсон камерасининг ишлаш принципини кўриб чиқамиз.

Ута тўйинган сув бугига тушган чанг зарралари бугнинг конденсацияланиш марказлари бўлиб қолиши маълум. Маълум булишича, ута тўйинган сув буғларига тушган ионлар ҳам бугнинг конденсацияланиш марказига айланиб қолар экан.

Тажриба қуйидагича ўтказилган. Ута тўйинган сув буғлари булган камерага урганилаётган модда киритилади, сўнгра бу моддага тез учувчи α -зарралар ёғдирилади. α -зарранинг ҳаракатланиш йўлида модда атомлари билан тўқнашиш натижа-сида ҳосил булган ионлар қолди. Бу ионлар конденсацияланиш марказлари бўлиб қолиб, камерада α -зарранинг ҳаракатланиш йўлида бир озгина вақт туман томчилари кўриниб туради. Бу из трек дейилади, трекни бевосита кузатиш мумкин ва олдин камерани ёритиб уни фотосуратга олиш мумкин.

Кўплаб олимлар ўтказган қатор тажрибалар изларнинг асосан тўғри чизиқ шаклида эканлигини кўрсатади (214-расм).

Бундан шундай хулоса қилиш мумкин: уз йўлида юз минглаб атомларни учратувчи α -зарралар атомлар орқали худди вакуумдан ўтгандек бемалол паррон ўтиб кетаверади, бинобарин, атомнинг массаси унинг ўзи эгаллаган бутун ҳажмга текис тақсимланган эмас.



213-расм.



214-расм.

Эгри чизиқли изларни ўрганиш α -зарраларнинг итарилишларга дуч келганини билдиради. α -зарралар мусбат зарядли бўлгани учун, бундан атомнинг асосий массаси мусбат зарядга эга деган хулосага келиш мумкин. Атомнинг бу қисмини ядро деб аталади.

Ҳисоблар шуни кўрсатадики, ядро ҳатто атомнинг улчамларига нисбатан ҳам жуда кичик ҳажми эгаллайди. Агар 1 кг платина олинса, унинг барча атомларининг ядролари бир тўғнағич каллагидек келадиган ҳажми эгаллайди. Турли атомларнинг диаметрлари 10^{-12} дан 10^{-13} см гача бўлади. Кўп тажриба маълумотларига асосланиб олимлар ядро мусбат зарядланган, электронлар эса ядродан ташқарида бўлади, деган хулосага келдилар. Электронлар ядро атрофида ҳаракат ҳолатида бўлиши керак, акс ҳолда улар электр кучлари таъсирида ядрога қулаб тушган бўлур эди.

Шундай қилиб, *ҳар бир химиявий элементнинг атоми ядро ва унинг атрофида ҳаракатланувчи электронлардан иборат. Бу электронлар тўпламини атомнинг электрон қобиғи дейилади.*

Энг содда ядро водород атомининг ядроси бўлиб, у протон деб аталади. Протон миқдорий жиҳатдан электрон зарядига аниқ тенг бўлган мусбат зарядга эга, протоннинг массаси эса электрон массасидан деярли 1840 марта (1836 марта) катта.

Ҳар қандай химиявий элементнинг атоми электр жиҳатидан нейтрал бўлгани учун ядро атрофида ҳаракатланаётган электронларнинг сони ядронинг мусбат зарядлари сонига тенг бўлиши керак, бинобарин, водород атоми битта протон ва битта электрондан иборат.

Турли химиявий элементларга α -зарралар ёғдирганда ҳосил бўладиган изларни ўрганиш ядроларнинг зарядини ҳисоблашга имкон берди. Маълум бўлишича, *ядроларнинг зарядлари протоннинг элементар зарядига қаррали бўлар экан.* Бундан ташқари, яна шу нарса аниқландики, *ядро элементар зарядларининг сони Z ва бинобарин, атом қобиғидаги электронлар сони ҳам элементнинг Менделеев даврий системасидаги тартиб номери билан бир хил бўлар экан.*

Бундай мос келиш тасодифий эмас. Химиявий реакцияларда атомлар бир-бирига ўзининг ташқи қатламлари билан яқинлашади, шунинг учун химиявий таъсир ташқи электронларга боғлиқдир.

Д. И. Менделеев элементларнинг даврий қонунини кашф этганда атом тузилишининг қонуниятлари очилишини башорат қилган эди.

Бу қонуниятни билган ҳолда ихтиёрӣ химиявий элементнинг атоми таркибига кирувчи электронлар сонини ва протоилар сонини аниқлаш мумкин. Масалан, гелийнинг Менделеев даврий жадвалидаги тартиб номери 2, бинобарин, гелий ядроси икки мусбат зарядга эга, қобигида эса иккита электрон бор.

Ҳозирги замон тасаввурларига кўра, атомда ҳар бир пайтда фақат биттагина электрон муайян стационар ҳолатда бўлиши мумкин. Атомдаги ҳамма электронлар қатламларга тақсимланган бўлиб, бу қатламлар орбиталарининг радиуслари натурал сонлар қаторининг квадратларига, яъни 1^2 , 2^2 , 3^2 , 4^2 , ... сонларга пропорционал равишда ортади. Турли элементлар атомларида айни бир қатламлар орбиталарининг ўртача радиуслари турлича бўлади; Менделеев даврий жадвалида элементнинг тартиб номери қанча юқори бўлса, бу радиуслар шунча кичик бўлади. Ҳаммаси бўлиб 6 та қатлам бўлади, бу қатламлар *K*, *L*, *M*, *N*, *O*, *P* ҳарфлари билан белгиланади.

Ядрога *K* қатлам энг яқин туради (атомлар тузилишининг соддалаштирилган схемалари 215-расмда кўрсатилган). Водороддан ташқари барча элементларнинг бу қатламида фақат 2 та электрон бўла олади. Гелий атомида фақат 2 тагина электрон бўлиб, улар *K* қатламда жойлашган.

Кейинги элемент литий (унинг тартиб номери 3) бў-



215- расм.

либ, унинг электрон қобиғида 3 та электрон бор. Иккита электрон K қатламда ва битта электрон L қатламда жойлашган.

Бериллийнинг (унинг тартиб номери 4) K қатламида иккита электрони ва L қатламида иккита электрони бор ва ҳоказо, неоннинг 10 электронидан K қатламда 2 электрон, L қатламда 8 электрон бор. Агар ташқи қатламда 8 электрон бўлса, бундай қатлам барқарор бўлади, шунинг учун ташқи қатламида 8 электрони бўлган химиявий элементлар инерт бўлади.

Тартиб номери юқори бўлган химиявий элементларда электронларнинг қатламларга тақсимланиши мураккаброқ бўлади. Масалан, радоннинг (унинг тартиб номери 86) K қатламида 2 электрон, L қатламида 8 электрон, M қатламида 18 электрон, N қатламида 32 электрон, O қатламида 18 электрон ва P қатламида 8 электрон бор. Атомнинг ташқи қатламидаги берилиши ёки қўшиб олиниши мумкин бўлган электронлар валент электронлар деб аталади. Валент электронлар сони шу элементнинг Менделеев жадвалидаги группа номерига мувофиқ келади.

141-§.

Атомнинг энергетик сатҳлари.

Атомнинг энергия ютиши ва чиқариши

Маълумки, элементларнинг химиявий хоссалари даврий равишда такрорланиб туради, бундай бўлишига электронларнинг ядро атрофида қатламларга маълум бир тартиб билан жойлашиши сабаб бўлади.

Тайинли бир қатламнинг орбиталаридан бирида ҳаракатланаётган электрон мутлақо аниқ энергия записига эга бўлади. Орбитанинг радиуси қанча кичик бўлса, электроннинг энергияси шунча кам бўлади, орбитанинг радиуси қанча катта бўлса, электроннинг энергияси шунча кўп бўлади.

Ҳар бир атом учун электронларнинг баъзи орбиталаригина барқарор бўлади. Атомнинг электрон йўқотиши ёки қўшиб олиши, шунингдек электроннинг бир орбитадан иккинчи орбитага ўтиши атомнинг энергиясини ўзгартиради.

Шунинг учун ядро ва ядро атрофида ҳаракатланувчи электронлардан иборат бўлган атомнинг энергияси их-

тиёрый бўлмайди, балки атом қандайдир маълум энергия заинасларига эга бўлади, уларни энергия «сатҳлари» деб аташ қабул қилинган.

Атомнинг истаганча узоқ вақт давомида бўлиши мумкин бўлган ҳолати унинг нормал ҳолати деб аталади. Бундай ҳолат атомнинг энг қуий энергия сатҳига мувофиқ келади. Атомга ёруғлик, рентген нурлари, электронлар оқими ва бошқа воситалар билан таъсир қилиб; атомга бирор миқдор энергия бериш ва атомни нормал ҳолатдан уйғотилган ҳолатга ўлказиш мумкин. Атомнинг бундай уйғонган ҳолати юқориноқ энергия сатҳига мувофиқ келади. Атом бирор миқдор энергия ютишида электронлар бир орбиталардан бошқа орбиталарга, аниқроғи, ядродан янада узоқроқ орбиталарга ўтади ва бунинг натижасида атом уйғонган ҳолатга келади.

Атом янада каттароқ миқдорда энергия ютганда электрон атомдан чиқиб кетиши мумкин.

Ҳар бир атомда электронларнинг муайян энергия сатҳларига мувофиқ келувчи муайян орбиталаригина мумкин бўлгани учун электрон бир орбитадан иккинчи орбитага ўтганда маълум миқдор («порция») энергия ютилиши керак. Бу «порция» сатҳларнинг энергиялари айирмасига тенг бўлиши керак. Агар нормал энергия сатҳи E_1 га, уйғонган атомнинг энергия сатҳи E_2 га тенг бўлса, атом ютган энергия.

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

га тенг бўлади.

Уйғонган атом нормал атомга қараганда ΔE ортиқча потенциал энергияга эга бўлади, шунинг учун у потенциал энергия миқдори энг кичик бўлган ҳолатга ўтишга ҳаракат қилади ва секунднинг миллиарддан бир улушларининг бир нечтасига тенг вақт ичида ортиқча энергияни электромагнитик тўлқинларнинг порцияси шаклида чиқариб, нормал ҳолатга қайтади.

142- §.

Бор постулатлари

Атомларнинг спектрнинг кўрннадиган ва кўринмайдиган қисмига тўғри келадиган электромагнитик тўлқинлар ютиш ва чиқариш ҳодисаларини Резерфорд назарияси билан тушунтириб бўлмас эди. Бу назариядан қуйидаги хулосалар келиб чиқар эди:

1. Электронлар атом ядроси атрофида узлуксиз ҳаракат қилгани сабабли атом узлуксиз равишда ёруғлик нурлаши керак.

2. Атом ядроси атрофида электрон ихтиёрий частота билан айлана олгани учун атомларнинг чиқариш (нурланиш) спектрида ҳар қандай узунликдаги тўлқинлар бўлиши керак. Тажрибаларнинг кўрсатишича, биринчидан, ёруғлик чиқарувчи сийракланган газларнинг спектрлари туташ спектрлар бўлмайди, балки айрим тебраниш частоталарига ва бинобарин, электромагнитик тўлқинларнинг аниқ узунликларига мувофиқ келадиган алоҳида рангли чизиқлардан иборат; иккинчидан, электромагнитик тўлқинларнинг спектрдаги рангли чизиқларга тўғри келадиган частоталари электронларнинг ядро атрофидаги ихтиёрий айланиш частоталарига тўғри келмайди; учинчидан, агар атом ядроси атрофида ҳаракатланаётган электронлар узлуксиз равишда электромагнитик тўлқинлар тарзида энергия чиқарганларидан эди, у ҳолда атомларнинг энергия запаслари узлуксиз камайар ва электронлар спираль бўйлаб ҳаракат қилган бўлар эди. Бироқ бу ҳолда электронлар ядрога шунчалик яқин келар эдики, улар электр тортишиш кучлари таъсирида ядрога қўлаб тушган бўлар ва электрон қобиқ йўқ бўлиб кетар эди. Электрон қобиқларнинг йўқ бўлиши эса атомларнинг физика — химиявий хоссаларининг йўқолишига олиб келар ва натижада атомлар барқарор системалар бўлмай қолар эди. Тажриба эса атомларнинг барқарор система эканлигини кўрсатади.

Бу зиддиятларни ҳал қилиш учун Дания физиги Нильс Бор 1913 йилда Планкнинг нурланиш квант назариясига асосланган назария яратди.

Бор назарияси Резерфорд назариясининг янада ривожланишига хизмат қилди. Атомларнинг электромагнитик тўлқинлар ютиши ва чиқаришига оид бу назарияга Бор қуйидаги икки постулатни асос қилиб олди:

1. *Электронлар атомнинг ядроси атрофида радиуслари натурал сонлар қатори квадратларига, яъни 1^2 , 2^2 , 3^2 , 4^2 , ... сонларга тўғри пропорционал бўлган тўбошқа қатъий аниқ шартларни қаноатлантирадиган баъзи стационар орбиталар (траекториялар) бўйлабгина ҳаракатлана олади, бунда атом энергия чиқармайди.*

2. *Атом муайян частотали битта нурланиш квантини ютганда электрон ядродан яқинроқдаги орбитадан*

узоқроқдаги орбитага сакраб ўтади ва бунда атом уйғонган ҳолатга келади; электрон ядродан узоқроқ бўлган орбитадан унга яқинроқ бўлган орбитага сакраб ўтганда, атом муайян частотали битта нурланиш кванти чиқаради.

Агар ν (грекча «ню» ҳарфи)—квантнинг частотаси, h —Планк доимийси ($h = 6,62 \cdot 10^{-27}$ эрг·с), E_1 — атомнинг бир стационар ҳолатдаги энергияси, E_2 — атомнинг бошқа стационар ҳолатдаги энергияси бўлса, у ҳолда

$$h\nu = E_1 - E_2.$$

Бор назарияси асосида 1) водород атомидаги электроннинг стационар орбиталари; 2) атомнинг электроннинг бу орбиталарига мувофиқ келадиган энергетик сатҳлари; 3) электроннинг бир орбитадан бошқа орбитага барча ўтишлари ва бу ўтишларга мос келадиган нурланиш квантларининг частоталари ҳисоблаб чиқилди.

Ҳисобларга кўра, водород атомлари чиқараётган спектрнинг таркибида бир неча инфрақизил, қизил, ҳаво ранг, қўқ, бинафша ва бир неча ультрабинафша чизиқлар бўлиши керак. Нур чиқараётган водород спектрининг фотосурати бу ҳисобларни тасдиқлайди, бу Бор назариясининг тасдиғи бўлди.

Қатор олимларнинг келгусидаги тадқиқотлари шуни кўрсатдики, чизиқ-чизиқ спектрга қараб турли химиявий элементлар атомларининг электрон қобиқларидаги ўзгаришлар ҳақида фикр юритиш мумкин экан, шунинг учун спектрал анализ ёрдамида атом структурасини ўрганиш мумкин бўлди.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Қандай физик ҳодисалар атомларнинг мураккаб тузилганини кўрсатади?
2. Атом қандай тузилган?
3. Атомнинг электрон қўбигидаги электронлар сонини қандай қилиб аниқлаш мумкин?
4. Атом ядроси артофида электронлар қандай жойлашади? Мисоллар келтиринг.
5. Қандай электронлар валентлик электронлари деб аталади?
6. Атомнинг энергетик сатҳлари нима?
7. Қандай шароитларда атом уйғонган ҳолатга келади?
8. Уйғонган ҳолатда атом қанча вақт давомида бўлиши мумкин?
9. Атомларнинг энергия чиқариши ҳодисасини тушунтиришда Резерфорд назарияси қандай зиддиятларга дуч келди?
10. Бор назариясига қандай постулатлар асос қилиб олинган?
11. Бор назариясини қандай экспериментлар тасдиқлайди?

XIV БОБ АТОМ ЯДРОСИНИНГ ЭНЕРГИЯСИ

143-§.

Радиоактивлик

Атомнинг электрон қобиғининг тузилиши XIX аср охирига келиб етарлича ўрганилган эди, бироқ атом ядросининг тузилиши ҳақидаги билимлар жуда оз, бор билимлар ҳам бир-бирига зид эди. Атом ядросининг тузилиши XX асрдан бошлаб ўрганилди, бунга радиоактивлик ҳодисасининг кашф этилиши ва яхшилаб ўрганилиши сабаб бўлди.

1895 йилда рентген нурларининг кашф этилиши илмий дунёда унга катта қизиқиш уйғотди. Кўплаб олимлар флюоресценция ҳодисасини ўрганишга киришдилар, чунки улар рентген нурларини трубка деворларининг флюоресценцияси натижасидир деб ўйлар эдилар. Шу муносабат билан француз физиги Ангри Беккерель ўз тажрибаларида уран тузини (уран ва калийнинг олтунгургуртли қўш бирикмасини) ишлатди. Уран тузи флюоресценцияланаётганда рентген нурлари чиқиш-чиқмаслигини билиш учун Беккерель шундай бир тажриба ўтказди. Фотография пластинкасини қора қоғозга ўраб ва унинг устига уран тузи препаратини қўйиб, флюоресценция юзага келтириш учун Беккерель уран тузини Қуёш нурлари билан ёритиши керак эди. Агар ҳақиқатан ҳам флюоресценция рентген нурлари манбаи бўлса, у ҳолда фотопластинка очилтирилганда қорайиб қолиши керак эди, чунки рентген нурларининг ўтувчанлик қобилияти зўр ва улар фотопластинкага химиявий таъсир кўрсата олади. Беккерель фотопластинка ва уран тузини шкафага қўйди. Бирмунча вақт ўтгандан кейин фотопластинкани текшира туриб очилтирилганда унинг қорайиб қолганини кўрди. Қоронғи хонада қора қоғозга ўралган янги фотопластинка билан уран тузи орасига калитни қўйиб, фотопластинкага калитнинг «соясини» тушиб қолганини кўрди. Бундан шу нарса равшан бўлдики, уран туздан флюоресценция бўлмаганда ҳам қора қоғоздан паррон ўтувчи, темирда ушланиб қолувчи ва фотопластинкага таъсир қилувчи қандайдир нурлар чиқар экан.

Шундай қилиб кейинчалик радиоактивлик деб аталган (латинча «радиус» — нур сўзидан келиб чиққан) янги ҳодиса 1896 йилда кашф қилинди. Атом ядроларининг тузилишини ўрганишда бу ҳодиса кейинчалик муҳим роль ўйнади.

Бу кашфиёт билан қизиқиб қолиб, Мария Склодовская-Кюри ва Пьер Кюри бу ҳодисани чуқур ўргандилар ва урандан ташқари, торий, полоний ва ураннынг торий билан химиявий бирикмалари ҳам шундай хоссага эга эканлигини аниқладилар.

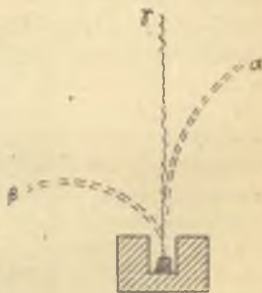
Тадқиқотларни давом эттириб, Мария Склодовская-Кюри ва Пьер Кюри 1898 йилда уран рудасидан уранга nisбатан бир неча миллион марта актив бўлган моддани ажратиб олдилар ва уни радий (яъни нурли) деб атадилар.

Уран ёки радий сингари нур берувчи моддалар радиоактив моддалар деб, бу ҳодисанинг ўзи табиий радиоактивлик деб аталди. Ҳозирги вақтда 40 дан ортиқ табиий радиоактив элементлар ва 270 дан ортиқ радиоактив бирикмалар маълум.

Радий нодир элемент, шунинг учун 1 г радий ажратиб олиш учун бир неча ўнлаб тонна уран рудасини қайта ишлаш зарур.

а) Радиоактив нурланишнинг таркиби. Радиоактив нурланишни магнит ва электр майдонларида синчиклаб текшириш унинг уч қисмдан: α -, β - ва γ -нурлардан иборат эканини кўрсатди (216-расм). Альфа нурлар гелийнинг икки марта мусбат зарядланган ва 20 000 км/с га етадиган улкан тезлик билан ҳаракатланувчи ядролар оқимидан иборат.

α -зарраларнинг тезликлари турли элементлар учун турлича, лекин айни бир элемент учун деярли бир хилдир. α -нурлар ташкил қилган α -зарралар бундай улкан тезлик билан ҳаракатлангани ва 4 бирлик массага эга бўлгани ҳолда ўз йўлида учраган молекулаларнинг кўп қисмини парчалайди ва ҳавода бир неча сантиметр юрганида уни кучли ионлаштиради. α -нурларнинг ўтувчанлиги заиф. Уларни юпка алюминий варағи ёки коғоз варағи билан ҳам



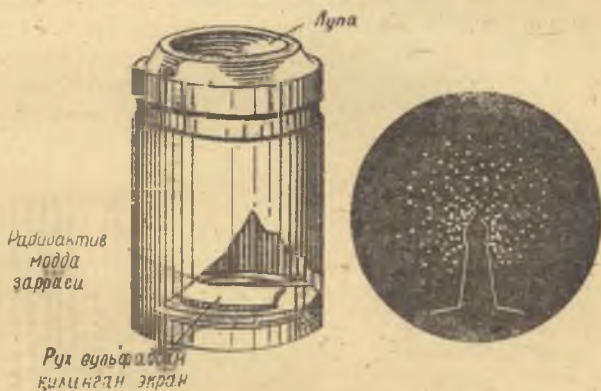
216- расм.

тутиб қолиш мумкин, чунки α -зарраларнинг ўлчамлари нисбатан катта. α -зарралар ҳатто кучли магнит ва электр майдонларида ҳам тўғри чизиқли йўлидан кам оғади, чунки ҳар бир α -заррага тўғри келадиган бошланғич кинетик энергия 10^{-6} эргдан юқоридир. Ҳозирги замон тасаввурларига кўра, радиоактив элементнинг ҳар бир атоми фақат битта α -зарра чиқаради. Рух сульфиди қопланган экранга тушиб, α -зарра чақнаш ҳосил қилади. Радиоактив модда чиқараётган α -зарралар ҳосил қилган бу чақнашлар (ёки сцинтилляциялар) спинтарископ деб аталадиган асбоб билан кузатилиши мумкин (217-расм).

β -нурлар 270 000 км/с га яқин тезлик билан ҳаракатланувчи электронлар оқимидан иборатдир. Айни бир элемент чиқараётган β -зарраларнинг тезликлари ҳар хил бўлиши мумкин.

β -нурларнинг ўтувчанлиги α -нурларникига нисбатан 100 марта катта, улар магнит ва электр майдонларида осон оғади, ҳавони заиф ионлаштиради.

γ -нурларнинг ўтувчанлиги жуда катта. Улар қалинлиги 100 м ҳаво қатлами, 10 см дан ортиқ аллюминий қатлами, 1 см дан ортиқ қўрғошин қатлами орқали сезиларли сусаймаган ҳолда ўтади.



217- расм.

Улар ҳавони кучли ионлаштиради, кўп моддаларни флюоресценциялайди, фотография пластинкасига таъсир қилади (ана шу хоссаси туфайли уларни Беккерель уран тузларини текширишда пайқаган эди), магнит майдонида ҳам, электр майдонида мутлақо оғмайди ва худди жуда қаттиқ рентген нурларига ўхшайди. γ -нурлар $0,000\ 0005$ мк гача борувчи жуда қисқа тўлқинли электромагнитик тўлқинлардир (бундай узунлик яшил ёруғлик тўлқин узунлигининг миллиондан бир улушига тенгдир).

γ -нурлар ҳеч вақт мустақил чиқмайди, улар ёки α -зарралар билан, ёки β -зарралар билан, ёхуд иккала хил зарралар билан бирга чиқади.

Радиоактив нурланиш тирик ҳужайраларга салбий таъсир қилади. Шу туфайли радиий нурларини медицинада қўллаш, масалан, рак ўсимталарини даволашда қўллаш мумкин бўлди.

Радиий перепаратлари билан иш кўрувчи одамларга γ -нурлар таъсири зарар қилмаслиги учун бу препаратлар қалин деворли қўرғошин гилофларда сақланади.

б) Радиоактив элементларнинг айланиши. Агар шиша пробиркага бирор миқдорда радиий хлорид солиб, сўнгра пробиркадаги ҳавони сўриб олиб, пробиркани кавшарлаб қўйсақ, бир неча кундан кейин пробиркада икки хил газ — гелий ва радоннинг борлигини спектраль анализ билан пайқаш мумкин, бу газлар радиий ядроларнинг парчаланиши натижасида ҳосил бўлади. Олимлар радонни ажратиб олиб, унинг радиоактив эканлигига ишонч ҳосил қилдилар. Радон α -зарралар чиқариб янги моддага — А радиийга айланади. А радиий бошқа радиоактив элементга — В радиийга айланади, бу эса уз навбатида янги радиоактив элементга — С радиийга айланади ва ҳоказо, бундай айланиш G радиий (қўрғошин) ҳосил бўлгунча давом этади. Қўрғошиннинг ядроси барқарордир, шунинг учун у парчаданмайди. Фақат барқарор бўлмаган ядроларгина парчаланаяди.

Барча табиий радиоактив элементлар бош элементи уран, актиний ва торий бўлган уч оилани ташкил қилади.

Қўйида келтирилган жадвалда уран оиласининг парчаланишига доир маълумотлар берилган.

Бу экспериментал маълумотлар назарияга тўла мувофиқ келади. Ҳақиқатан ҳам α -зарра чиқарган атом-

нинг атом оғирлиги 4 бирлик камаяди, ядросининг заряди эса 2 бирлик камаяди. Бинобарин, янги ҳосил бўлган химиявий элементнинг тартиб номери дастлабки элементнинг тартиб номеридан 2 бирлик камаяди. Демак, бу элемент Менделеевнинг даврий жадвалида дастлабки элементдан 2 группа чапда бўлиши керак. Шундай қилиб, масалан, радоннинг А радийга, А радийнинг эса В радийга айланишнини аввалдан айтиш мумкин.

Модда	Нурланиш	Масса сони	Модда	Нурланиш	Масса сони
Уран I . . .	α	238	В радий . .	β, γ	214
Уран $X_1 X_2$.	β, γ	234	С радий . .	α, β, γ	214
Уран II . . .	α	234	С' радий . .	α	214
Ионий . . .	α, γ	230	D радий . .	β, γ	210
Радий . . .	α, β, γ	226	E радий . .	β, γ	210
Радон . . .	α	222	F радий (полоний)	α, γ	210
А радий . .	α	218	G радий (кургошин)	—	206

Агар битта β -зарра учиб чиқса, у ҳолда ядронинг заряди бир бирлик ортади ва янги модда битта катта тартиб номерига эга бўлади, яъни Менделеев жадвалида у дастлабки элементдан бир группа унга туради. Бу ҳол В радийнинг С' радийга айланишига мос келади.

Бу қонуний ҳодиса силжиш қонуни деб аталади. Бу қонун шундай ифодаланади:

1. Агар элемент α -зарра чиқарса, янги элемент Менделеев жадвалида дастлабки элементдан икки группа чапда бўлади ва унинг атом оғирлиги 4 бирлик камаяди.

2. Агар элемент β -зарра чиқарса, янги элемент Менделеев жадвалида дастлабки элементдан бир группа унга бўлади ва унинг атом оғирлиги ўзгармайди. Бу далилларнинг ҳаммаси олимларни шундай хулосага олиб келди: табиий радиоактивлик ҳодисаси атом ичидан ўз-ўзидан борувчи процесс бўлиб, бунда атомларнинг ядролари парчаланади, натижада бир элемент иккинчи элементга айланади.

Атомлар парчаланганда электр зарядли зарралар ажралиб чиққани, шунингдек электромагнитик тўлқинлар (γ -нурлар) чиққани учун атомларнинг тузилишини мурак-

каб ва атом ядроларнинг парчаланишида мураккаб ўзгаришлар рўй беради, деган хулоса келиб чиқади.

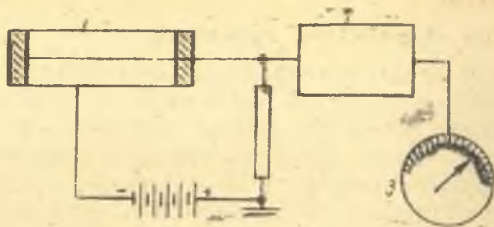
в) Радиоактив элементларнинг ярим емирилиш даври. Маълум бир радиоактив модданинг парчаланишида вақт ўтиши билан унинг атомлари сонни камаяди. Табiiий радиоактивлик устида олиб борилган кузатишлар шундай хулосага олиб келди: *ҳар бир элементда айни бир вақт ичида бор атомларнинг айни бир қисми парчаланаяди.* Маълум бир модданинг барча атомларининг ярми парчаланаядиган вақт ярим емирилиш даври деб аталади. Бу давр турли радиоактив элементлар учун турличадир. Масалан, уран учун бу давр 4,5 млрд. йил, радий учун 1590 йил, А радий учун эса 3 минутга тенг.

Ярим емирилиш даври модданинг массасига боғлиқ эмас. Бир грамм моддадаги атомларнинг ярми қанча вақт ичида емирилса, 1 кг, 1 т ва ихтиёрий бошқа массали модда атомларининг ярми ҳам шунча вақт ичида емирилади.

Ярим емирилиш даври шундай усул билан топилади. Маълумки, ҳар қандай химиявий элементнинг атом оғирлиги бирлиги $1,66 \cdot 10^{-24}$ г га тенг. Тайинли бир радиоактив элементнинг атом оғирлигини билган ҳолда, атомнинг граммлар билан ифодаланган массасини ҳисоблаб топиш мумкин. Масалан, радий (атом оғирлиги 226) атомининг массаси $1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г} \cdot 226 = 375,16 \cdot 10^{-24}$ г, полоний атомининг массаси (атом оғирлиги 210) $1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г} \cdot 210 = 348,6 \cdot 10^{-24}$ г. Аввалдан аниқлаб тортиб олинган массали радиоактив элементни олиб, бу намунадаги атомлар миқдорини ҳисоблаб топиш мумкин.

Моддани Вильсоннинг ионизацион камерасига жойлаштириб, муайян вақт ичида парчаланган атомлар сонини санаб аниқлаш мумкин (Гейгер — Мюллер сўтчиғи ёрдамида ҳам шундай ҳисобни бажариш мумкин, 218-расм).

Сўтчиқ қуйидаги принципга кўра ишлайди. Юксак ўзгармас кучланишда I металл трубканинг корпусида кучли электр майдони юзага келади. Трубка ичида сийракланган газ бор; газ ионлашмаганда занжирда ток бўлмайди. Трубка ичига газни ионлаштира оладиган зарра учиб кирганда электр майдонида қисқа муддатли ток ҳосил қиладиган ионлар бўлади. Бу ток 2 лампани кучайтиргич билан кучайтирилади ва 3 қайд қилиш



218-расм.

қурилмасига (электромагнитик нумераторга) берилди. Шундай қилиб, трубкага учиб келаётган зарраларни аниқ ҳисоблаш мумкин, фақат бунинг учун улар газни ионлаштириш қобилиятига эга бўлиши керак. Масалан, полонийнинг ҳар 100 000 атомидан 495 таси бир сутка давомида парчаланар экан.

Вақт бирлиги ичида парчаланган атомлар сонининг умумий атомлар сонига нисбати (λ) муайян радиоактив элементнинг характеристикаси бўлади. Олинган модданинг ярми парчаланадиган вақт бу характеристикага қараб ҳисобланади. Ана шу вақт ярим емирилиш даври бўлади. Ярми емирилиш даврини аниқлаш учун қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$T = \frac{0,693}{\lambda}$$

(Бу формулани келтириб чиқариш жуда мураккаб.)

Муайян радиоактив элементнинг ярми емирилиш даври бу элементнинг химиявий жиҳатдан соф ёки бошқа элементлар билан бирикма сифатида олинганига боғлиқ бўлмаслиги тажрибада аниқланган.

Уран емирилишининг маҳсулоти қўرғошин эканини билган ҳолда уран минераллари бўлган тоғ жинсларининг ёшини аниқлаш мумкин. Бунинг учун ушбу жинсдаги уран ва қўрғошин миқдорини химиявий йўл билан аниқлаш ва ураннынг емирилиш тезлигини ҳисоблаш керак.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Радиоактивлик ҳодисаси нимадан иборат? Бу ҳодисани ким ва қачон кашф қилган? Ким ва қачон ўрганган?
2. Радиоактив нурланишнинг таркиби қандай ва нурланиш таркибий қисмларининг ҳар бири нимадан иборат?
3. α -, β - ва γ -нурларнинг қандай хоссалари бор?
4. Радиоактив элементнинг ярми емирилиш даври нима ва олинган элементнинг массасига боғлиқ бўладими?

Атом ядросининг тузилиши

Бериллий пластинкаларини α - нурлар билан нурлантириб, немис олимлари В. Боте ва Г. Беккер кирувчанлик қобилияти жуда зур бўлган нурланишни пайқадилар. Бонни α - зарралар билан нурлантирганда ва қатор бошқа ҳолларда ҳам шундай нурланиш ҳосил бўлар эди. Бу нурланиш дастлаб бериллий нурланиши деб аталди.

1932 йилда инглиз физиги Чэдвик бу топилган нурлар тинчликдаги массаси протон массасига яқин бўлган нейтрал зарралар эканини аниқ ҳисоблаб берди. Бу зарралар нейтронлар деб аталди.

Бу зарраларнинг водород ва гелий ядролари билан тўқнашишларини кузатиш мумкин бўлган Вильсон камераси ёрдамида нейтроннинг массасини аниқлашга муваффақ бўлинди. Унинг массаси протон массасига яқин бўлиб чиқди, шунинг учун уни тахминан бирлик деб қабул қилиш мумкин.

Нейтроннинг кашф қилиниши атом ядроларининг тузилиш сирларини очишда катта аҳамиятга эга бўлди.

1932 йилгача олимлар атомларнинг ядролари протонлар (водород ядролари) ва электронлардан иборат, деб ўйлар эдилар. Бироқ атом ядроларининг тузилиши ҳақидаги бундай тасаввур нотўғри эди. Атом ядроларининг тузилишини бундай тушунишда атомларнинг ядроларида электронларнинг мавжудлиги фактини мутлақо изоҳлаб бўлмас эди. Агар электронлар атомларнинг ядроларида бўлганида эди, улар электр кучлари таъсирида протонларга тортилар ва бунинг натижасида зарраларнинг бу икки хили электр жиҳатидан нейтрал бўлиб қолар эди. Агар бундай бўлса, ядролар атрофидаги орбиталарда ҳаракатланаётган электронлар қандай ушлаб турилар эди.

Орбиталарда электронлар гравитация кучлари (бутун олам тортишиш кучлари) таъсирида ушлаб турилади деб ўйлаш мумкин. Бироқ ҳисобларнинг кўрсатишича, атом ядроси атрофида ҳаракатланаётган электронлар учун бутун олам тортишиш кучлари бу электронларни орбиталарда ушлаб туриш учун жуда камлик қилар экан. Ядро кучлари тортишиш кучларидан 10^{40} марта катта экан. Физиклар боши берк кўчага кириб қолдилар.

Фан учун жуда қийин бўлган бу даврда совет физиги Д. Д. Иваненко ва немис физиги В. Гейзенберг нейтроннинг очилишига доир тажрибаларга таяниб, 1932 йилда атом ядросининг янги назариясини яратдилар. Улар ядроларда электронлар бўлиши мумкин эмаслигини назарий равишда асослаб бердилар.

Д. Д. Иваненко ва В. Гейзенберг назариясига кура, *атомларнинг ядролари фақат протонлар ва нейтронлардан иборат экан*; бу зарралар нуклонлар деб аталади.

Қатор олимларнинг келгуси экспериментал тадқиқотлари бу назариянинг тўғри эканлигини исбот қилди. Ядронинг протон-нейтронли назарияси ҳозирги вақтда бутун дунёда тан олинган назария бўлиб қолди.

Протоннинг нейтронга ва нейтроннинг протонга ўзаро айланиши назарий жиҳатдан исбот қилинган. Бундай айланишларда булардан олдин ядрога бўлмаган зарралар пайдо бўлади.

Масалан, нейтрон электрон чиқариб протонга айланиши мумкин.

Ядроларнинг емирилишида нейтроннинг протон ва электронга бундай айланиши ҳар қандай радиоактив емирилишнинг асосини ташкил қилади.

Маълумки, атомларнинг радиоактив парчаланишида электронлар оқимидан иборат бўлган β - нурланиш пайдо бўлади. Тадқиқотлар бу электронларнинг парчаланган атомларнинг ядролари атрофида ҳаракатланаётган электронлар эмаслигини кўрсатди.

Юқорида баён қилинган процессга тескари процесс бўлиши ҳам мумкин, яъни K қатламда бўлган электронни ядро тортиб олиб, протон ютади. Бунда протон электронни ютиб нейтронга айланади ва позитрон чиқаради; позитрон массаси электрон массасига тенг бўлган мусбат зарядли заррадир. Позитроннинг мавжудлигини 1932 йилда Америкада Андерсен, Англияда эса Блеккет ва Оккиалини тажрибада тасдиқладилар.

Химиявий элемент атоми ядросидаги протонлар сони ядронинг зарядига тенг (Z).

Ядродаги протонлар ва нейтронлар сони йиғиндиси масса сони (A) ни билдиради.

Агар ядро массасини атом бирликларида ифодаланса, бу сонга яқин бўлган бутун сон масса сони деб аталади. Ядронинг масса сони билан ядро заряди орасидаги ($A-Z$) фарқ ядродаги нейтронлар сонини билдиради. Масалан, гелий ядроси 2 протон ва 2 нейтрондан

иборат. Буни шундай билиш мумкин: гелийнинг тартиб номери 2 га тенг, бинобарин, унинг заряди 2 га тенг ($Z=2$) ва ядродаги протонлар ҳам 2 га тенг; масса сони 4 га тенг ($A=4$), бинобарин, нейтронлар сони

$$N=A-Z=4-2=2$$

га тенг.

Элементларнинг Д. И. Менделеев даврий жадвалида ҳар қандай химиявий элемент атомининг тузилишини аниқлаш мумкин.

Бироқ шундай элементлар борки, уларнинг Менделеев жадвалидаги тартиб номери битта, лекин атомларининг массалари турлича. Улар изотоплар деб аталади. Масалан, ҳавода азотнинг икки изотопи бор, бир изотопининг масса сони 14, иккинчи изотопининг масса сони 15. Иккинчи изотоп биринчи изотоп миқдорининг 0,3% га тенг. Водороднинг масса сони 2 га тенг бўлган изотопи бор. Бу изотоп дейтерий деб аталади. Таркибида дейтерий бўлган сув оғир сув деб юритилади. Одатдаги водопровод сувида 0,02% оғир сув бўлади, яъни таркибидаги водороднинг масса сони 1 бўлган 5 минг улуш енгил сувга бир улуш оғир сув тўғри келади.

Хоссаларини ўрганиш фан учун кўп натижалар берган уран ҳам масса сонлари 238, 235 ва 234 бўлган уч изотопнинг аралашмасидан иборатдир.

Кислароднинг масса сонлари 16, 17 ва 18 бўлган учта изотопи бор. Деярли ҳамма элементларнинг изотоплари бўлади.

Изотоплар Менделеев жадвалида айни бир тартиб номерига эга бўлгани учун, изотопларнинг ядролари бир-биридан фақат нейтронлари сони билан фарқ қилиши керак. Масалан, масса сони 14 бўлган азот изотопининг ядросида 7 протон ва 7 нейтрон, масса сони 15 бўлган изотопи ядросида 7 протон ва 8 нейтрон бор. Физиклар изотопларни сунъий йўл билан ҳам олиш мумкин эканлигини исбот қилиб бердилар.

145- §.

Атом ядросига таъсир қилиш усуллари.

Атом ядроларининг бир-бирига айланиши

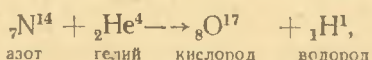
Атом ядроларига таъсир қилиш учун уларни катта энергияли зарралар билан «бомбардимон» қилиш керак.

Бу мақсадда α - зарралар (гелий ядролари), протонлар (енгил водород ядролари), дейтронлар (масса сони иккига тенг бўлган ёғир водород ядролари) ва нейтронлардан фойдаланилади. Катта энергияли зарядли зарралар ҳосил қилиш учун махсус қурилмалар, масалан, зарраларнинг ҳаракатини тезлаштирувчи циклотрон ишлатилади.

СССР да Ядро тадқиқотлари бирлашган институтида (Дубна шаҳри) қудратли зарралар тезлатгичи — синхрофазотрон қурилган. Бу қурилмада 10 млрд. эВ (10^{10} эВ) энергияли зарралар ҳосил қилинади.

1919 йилдаёқ Резерфорд азот атомларини радий чиқараётган α - зарралар билан бомбардимон қилди ва азот атомларининг бир қанча ядролари тез ҳаракатланувчи протонлар чиқариб емирилишини пайқади, бундай ядро реакцияси натижасида кислород ҳосил бўлди.

Бу процесс шундай ўтади: заряди 2 га тенг бўлган α - зарранинг заряди 7 га тенг бўлган азот ядроси билан тўқнашиши натижасида водород ядроси (заряди 1 га тенг) ва кислород ядроси (заряди 8 га тенг) ҳосил бўлди. Бу ядро реакциясини қисқача шундай ёзиш мумкин:

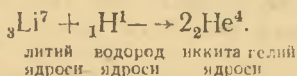


бу ерда пастдаги индекслар зарядни, юқоридаги индекслар масса сонларини билдиради. Сунгра Резерфорднинг ходимлари бошқа химиявий элементлар ядроларини, масалан, натрий ва алюминий ядроларини магний ва кремний ядроларига айлантиришга муваффақ бўлдилар.

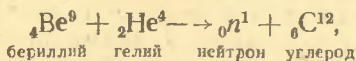
Буларнинг ҳаммаси XIX асрда химияда ҳукм сурган ғайри илмий гоёларга — атомларнинг абсолют ўзгармаслиги ва химиявий элементларнинг бири бошқасига айланмаслиги ҳақидаги фикрларга қақшатқич зарба бўлди.

1932 йилда СССР да ва Англияда қатор олимлар енгил элементлар ядроларига протонлар ёғдирдилар.

Литий ядроларига протонлар ёғдириб, олимлар литий ядроларини гелий ядроларига айлантирдилар. Бу ядро реакциясини шундай ёзиш мумкин:



Бериллийга α -зарралар ёғдирилганда нейтронлар чиқиши пайқалди. Айни вақтда бериллийнинг углеродга айланиши исбот қилинди. Бу ядро реакцияси шундай ўтган:



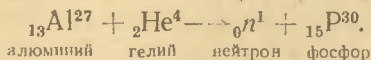
146- §.

Сунъий радиоактивлик

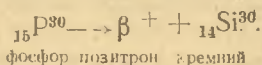
1934 йилда Ирен ва Фредерик Жолио-Кюрилар улакан илмий аҳамиятга эга бўлган кашфиёт қилдилар. Улар баъзи ядроларни бомбардимон қилиш натижасида аслида анча барқарор бўлган химиявий элементларнинг беқарор радиоактив изотопларни ҳосил бўлишини аниқладилар.

Бу кашфиёт шундай шароитда қилинган эди. Улар алюминийни α -зарралар билан бомбардимон қилишда нейтронлар ва позитронлар (массаси электрон масса-сига тенг, лекин мусбат зарядланган зарралар) оқими ҳосил бўлишини пайқадилар. Маълум бўлишича, нурлантириш тўхтатилганда позитронларнинг чиқиши дарҳол тўхтамасдан, балки ҳар қандай радиоактив элементнинг радиоактивлиги камайдиган қонунга мувофиқ камаяр экан. Бу ҳодиса сунъий радиоактивлик деб аталди.

Алюминийни бомбардимон қилишда буладиган ядро реакциясини ўрганиб бу олимлар, ядро реакцияси кетма-кет икки босқичда боради деган хулосага келдилар. Дастлаб ядро α -заррани ютади ва нейтрон чиқади; бунда фосфорнинг масса сони 30 га тенг бўлган беқарор ядроси ҳосил бўлади. Фосфорнинг барқарор ядроларининг масса сони 31 га тенг. Реакция шундай боради:



Сунгра фосфор ядроси позитрон (β^+) чиқариб парчалан-ди ва кремний ядросини ҳосил қилади:



Кейинчалик Ирен ва Фредерик Жолио-Кюри α -зарралар таъсирида парчаланмайдиган баъзи элементлар нейтронлар таъсирида (яъни уларга нейтронлар ёғдирилганда) беқарор изотоплар ҳосил қилишини аниқладилар.

Нейтронлар таъсирида юз берадиган ядро реакция-сига битта мисол келтирамиз. Олтингургуртни олайлик. Менделеев жадвалида унинг тартиб номери 16, масса сони эса 32.

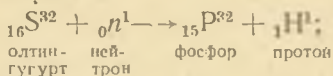
Олтингургурт атомининг ядросида 16 протон ва 16 нейтрон бор, электрон қобиғида эса 16 электрон бор. Олтингургуртга нейтронлар ёғдириш қуйидагига сабаб бўлади. Нейтрон олтингургурт атоми ядросига тушиб, унда битта протон уриб чиқаради. Масса сони бунда ўзгармайди, бироқ ядронинг заряди бир бирлик камайиб, 15 га тенг бўлиб қолади. Бу ҳол электрон қобиқда ўзгариш содир бўлишига сабаб бўлади, унда 15 электрон қолади.

Бироқ қобиқда 15 электрон бўлиши Менделеев жадвалида тартиб номери 15 бўлган фосфор элементи учун характерлидир. Бинобарин, олтингургурт фосфорга айланди. Бироқ одатдаги фосфорнинг масса сони 31 га тенг, ядро реакциясида ҳосил бўлган фосфорнинг масса сони эса 32 га тенг.

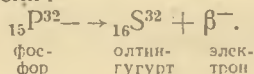
Ҳосил бўлган ядролар унчалик барқарор эмас. Улар электрон чиқариб, ўз-ўзидан емирилади ва бунда нейтрон протонга айланади ва қайтадан олтингургуртнинг барқарор ядроси ҳосил бўлади.

Ядро реакциясини қисқача шундай ёзиш мумкин:

1- босқич



2-босқич



Фосфорнинг ярим емирилиш даври 14,3 кунга тенг. Бошқа радиоактив элементлар учун бу давр минутлар ва секундлар билан ҳисобланади.

Ҳозирги вақтда сунъий радиоактив элементлар олиш, уларни ўрганиш ва ишлатишга доир ишлар жуда кенг ривожланган. Барча мавжуд химиявий элементларнинг табиатда бўлмаган радиоактив изотопларини лаборатория йўли билан олишга эришилди.

Шуни қайд қилиш керакки, ядро реакциялари натижасида олинадиган радиоактив элементларда ядро реакциялари табиий радиоактивликда (уран, торий, актиний ядролари сингари) бўлгани каби узундан узоқ кетма-кетликда содир бўлмайди.

Сунъий радиоактивликнинг кашф қилиниши физика, химия, биология ва медицина учун улкан аҳамиятга эга бўлди.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Нейтрон нима? Нейтронни қачон, ким ва қандай тажрибаларда кашф қилган?
2. Атом ядросининг Д. Д. Иваненко яратган назариясининг моҳияти нимада?
3. Ядронинг емирилишида нейтрондан қандай зарралар ҳосил бўлади?
4. Протоннинг нейтронга айланиш процесси қандай утади?
5. Ядро таркиби қандай аниқланади? Менделеев жадвалидан фойдаланиб мисоллар келтиринг.
6. Химиявий элементнинг изотопи деб нимага айтилади? Мисоллар келтиринг.
7. Масса сони деб нимага айтилади?
8. Атом ядроларига қандай усуллар билан таъсир қилиш мумкин?
9. Азотга α -зарралар ёғдирганда ядро реакцияси қандай юз беради?
10. Литий ядроларига протонлар ёғдирилганда ядро реакцияси қандай юз беради?
11. Сунъий радиоактивликнинг моҳияти нимада?
12. Алюминий ядроларнинг кремний ядроларига айланганда юз берадиган ядро реакцияларини ёзинг.

147- §.

Боғланиш энергияси ва масса дефекти

Атом ядроларини ташкил қилувчи протон ва нейтронлар жуда кичик ҳажм эгаллайди. Масалан, уран 235 нинг 92 протон ва 143 нейтрондан иборат бўлган ядроси ҳажми $34 \cdot 10^{-37}$ см³. Ядрога бир-бирига ҳаддан ташқари яқин жойлашган протонларнинг бир-биридан итарилиш электр кучлари улкан бўлишига қарамай, ядро барқарордир. Бундан ядро ичида унинг барча зарралари орасида итарилиш кучларидан зур келувчи тортишиш кучлари таъсир қилади, деган хулоса чиқади. Бу тортишиш кучлари ядро кучлари дейилади; бу кучлар электр кучлари ҳам эмас, тортишиш кучлари ҳам эмас. Ядро кучларининг табиати ҳали тулиқ аниқланган эмас.

Ядрони нейтронлар ва протонларга ажратиш учун энергия сарфлаш керак. Бу энергиянинг катталиги ядронинг боғланиш энергияси дейилади. Ядронинг боғланиш энергияси қанча катта бўлса, ядро шунча барқарор бўлади. Зарралар бирикиб ядро ҳосил қилганда боғланиш энергияси ажралиб чиқади.

Энергиянинг сақланиш қонунига мувофиқ, ядродан чиқадиган энергия протонлар ва нейтронларни ажратиш учун сарф қилинадиган энергияга тенг бўлади.

Ядро зарраларининг боғланиш энергияси миқдори жуда улкан.

Ҳар қандай энергияни материя зарраси кўринишидаги ёки майдон кўринишидаги масса ташигани учун зарралар бирикиб ядро ҳосил қилганида ва боғланиш энергияси ажралиб чиққанда бу зарраларнинг массаси камайиши керак. Шундай бўлиши тажрибаларда тасдиқланган.

Зарралар бирикиб ядро ҳосил бўлганда уларнинг умумий массаси камайиши масса дефекти (массанинг етишмаслиги) деб аталади.

Атом ядроларининг боғланиш энергиялари катталигини масса ва энергиянинг боғланиш қонуни асосида ҳисоблаб топish мумкин.

1900 йилда П. Н. Лебедев бу қонунни электромагнитик майдон шаклидаги материя учун ёруғлик босимини ўлчаш асосида аниқлади.

Ёруғликнинг тезлиги жуда катта ($c=3 \cdot 10^{10}$ см/с) бўлгани учун масса билан энергия ўртасидаги $E=mc^2$ боғланиш қонунидан модда ёки майдон кўринишидаги жуда кичик масса ҳам улкан энергия миқдорига эга бўлиши мумкин, деган хулоса келиб чиқади.

Атом маълум частотали ёруғлик кванти чиқарганда атомнинг энергетик сатҳигина эмас, балки унинг массаси ҳам камаяди, чунки ёруғлик кванти ўз энергиясига мос келувчи маълум бир массага эга.

Аксинча, агар атом маълум частотали ёруғлик кванти ютса, атомнинг энергетик сатҳигина эмас, балки унинг массаси ҳам ортади, чунки ёруғлик кванти маълум бир массага эга.

1905 йилда А. Эйнштейн масса билан энергиянинг узаро боғланиш қонунини материя ва энергиянинг ҳамма турлари учун назарий равишда топди.

Қонун шундай ифодаланади:

1) E энергияга эга бўлган ҳар қандай жисм ва ҳар қандай зарра

$$m = \frac{E}{c^2}$$

тенглик билан аниқланадиган m массага эга, бу ерда c — ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги;

2) $E = h\nu$ энергияга эга булган ҳар қандай нурланиш кванти

$$m = \frac{h\nu}{c^2}$$

тенглик билан аниқланадиган m массага эга;

3) ҳар қандай m массага

$$E = mc^2$$

тенглик билан аниқланадиган E энергия туғри келади.

Масса билан энергиянинг узаро боғланиш қонунига кўра, ядронинг боғланиш энергиясини қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$E_{\text{боғ}} = \Delta m \cdot c^2,$$

бу ерда Δm — масса дефекти бўлиб, у нуклонлар массаси билан ядро массаси орасидаги айирмадан топилади.

Электроннинг электр майдонида потенциаллар фарқи 1 В булган йўлда олган энергияси электронвольт ҳисобида йлчанади (1 эВ); 1 миллион электронвольт 1 мегаэлектронвольтга тенг (1 МэВ).

Ҳисобларнинг курсатишича, атом огирлиги уртача (30 дан 200 гача) булган химиявий элементлар атомларининг ядролари учун битта заррага (нуклонга) туғри келадиган боғланиш энергияси 8,5 МэВ га тенг, огирроқ элементлар учун боғланиш энергияси 7 МэВ гача камаяди.

Бу факт огирроқ элементлар атомларининг ядролари учун мустаҳкам эмаслигини курсатади.

148- §.

Ядро энергиясининг ажралиб чиқиши.

Уран ядроларининг бўлиниши.

Занжирий реакция

Атом ядроларини нейтронлар билан бомбардимон қилишга доир Францияда, СССР да ва бошқа мамлакатларда 1934 йилдан бошлаб утказилган тажрибалар фан учун ғоят қимматли натижалар берди.

1939 йилда эр-хотин Жолио-Кюрилар жуда муҳим реакцияни амалга оширдилар. Улар огир элемент — ураниннинг ядроларини нейтронлар билан бомбардимон қилиб, бу ядрони бўлишга муваффақ бўлдилар. Бунда масса дефекти катта булгани учун улкан миқдорда энергия ажралиб чиққанини кузатдилар. Уран ядроларининг бундай сунъий равишда портлатилиши атом

энергияси олишнинг усулларини ишлаб чиқишда ҳал қилувчи аҳамиятга эга бўлди. Гап шундаки, агар радиоактив элементларнинг ўз-ўзидан ўзгариши тезроқ борадиган процесс бўлганда эди, атом энергиясини оғир элементлар ядроларини сунъий равишда парчаламасдан ҳам олиш мумкин бўлар эди. Бироқ тадқиқотлар табиий радиоактивлик ниҳоятда секин борадиган процесс эканини кўрсатди, шунинг учун бир секундда ажралиб чиқадиган энергия жуда кам бўлади. Масалан, бир грамм радий 1 соатда атиги 575 Ж ёки 1 секундда 0,16 Ж энергия чиқаради. Бир минг киловатт қувват олиш учун ниҳоятда кўп миқдорда радий керак бўлар эди.

Мария ва Пьер Кюрининг табиий радиоактивликни батафсил ўрганишга доир 1898 йилда олиб борган ишлари ҳар қандай радиоактив элементлар атомлари ядроларининг ўзгариш процессини на физик методлар, на химиявий методлар билан тезлаштириш ёки секинлаштириш мумкин эмаслигини кўрсатди.

Ирен ва Фредрик Жолио-Кюрининг хизматлари шундаки, улар оғир элементлар атомлари ядроларини сунъий равишда парчаланнинг самарали методини кашф қилдилар, бундай парчалашда улкан қувватли энергия ажралиб чиқади. Улар ўз-ўзини таъминлаб турадиган ва ўз-ўзидан авж оладиган, ёки бошқача айтганда, қуюшсмон процессни кашф қилдилар.

Химияда ўз-ўзини таъминлаб турувчи процессга ўтин, керосин ва бошқа моддаларнинг ёниши мисол бўлади. Бироқ жуда тез авж олиб кетадиган процесслар ҳам бор, масалан, портловчи моддаларнинг ёниши бунга мисол бўла олади. Ўз-ўзидан шиддатли авж олишнинг бундай ҳодисаси оғир элементлар атомлари ядроларининг нейтронлар билан бомбардимон қилинишида содир бўлар экан. Бунда уран ядролари парчаларга бўлиниб кетар экан.

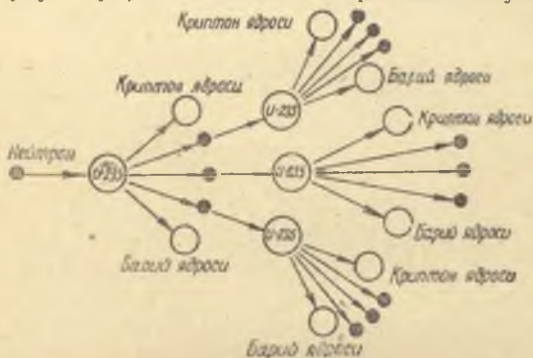
1940 йилда ёш совет олимлари Г. Н. Флеров ва К. А. Петржак уран ядроларининг парчаларга ўз-ўзидан бўлинишини, яъни спонтан бўлинишни аниқладилар. Бироқ бундай бўлинишнинг тезлиги жуда кичик. Уран-235 изотопи ядроларининг ярим емирилиш даври 10^{15} йилга тенг, яъни 1 г уран-235 да соатига 20 та ядро емирилиш тўғри келади, уран-238 изотопи учун эса ярим емирилиш даври 10^{17} йилга тенг.

Уран ядросининг нейтрон ютиб олиши таъсирида емирилиш назариясини совет физиги Я. И. Френкел яратди.

Уран-235 ядроларининг парчаланиш процесси тахминан қуйидагича боради: уран ядросига тушган нейтрон ядрога «кириб қолади» ёки, бошқача айтганда, уни ядро «ютади» ва бунда жуда беқарор бўлган уран-236 ядроси ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган бу ядро тахминан тенг бўлган икки бўлакка: криптон ядросига ва барий ядросига бўлинади, айни вақтда иккитадан учтагача тез нейтрон ажратиб чиқаради (219-расм).

Ажратиб чиқарилган учта нейтрондан ҳар бири атом ядросига тушиши мумкин, бунда ҳам иккита парча ҳосил бўлади ва учта нейтрон ажралиб чиқади, бу нейтронлар ҳам уран атомлари ядроларига тушиб, уларнинг ҳам бўлнинишига ва нейтронлар ажралиб чиқишига сабаб бўлади ва ҳоказо.

Актив нейтронлар ва реакцияга киришувчи ядролар сони геометрик прогрессия бўйича ўсишини сезиш осон, шунинг учун бутун моддада тобора авж олувчи ядро



219- расм.

реакцияси юз беради, бу реакция «з а н ж и р и й р е а к ц и я» деб аталади (чулки уран ядролари тобора ортиб борувчи миқдорда бирин-кетин портлайди). Бироқ занжирий реакция бўлиши учун уран-235 массаси маълум бир миқдордан кам бўлмаслиги керак, бу масса критик масса деб аталади.

Бунда чиқадиган энергия жуда катта. Атом энергиясини ташувчилар қуйидагилардир: 1) уран-235 ядроси портлаганда улкан тезликлар билан турли томонга учиб кетувчи, бинобарин, улкан кинетик энергияга эга

бўлган нарчалар (барий ва криптон ядролари); 2) ядро бўлинганда чиқарилган тез нейтронлар; 3) уран ядроси бўлинганда пайдо бўладиган γ -нурланиш (бу нурланиш материя шаклларида бири бўлиб, масса ва энергияга эгадир); 4) α -зарралар; 5) ядро парчаларининг радиоактив бўлгани учун кейинги айланишларида чиқадиган β -зарралар.

Уран атомлари ядроларининг бўлиниш маҳсулотлари эга бўладиган бу улкан энергия нима ҳисобига пайдо бўлади?

Бу энергия ядро ичидаги барча зарраларнинг боғланиш потенциал энергиясининг камайиши ҳисобига пайдо бўлади.

Уран ядроси 2 бўлакка бўлинганда массаси кичикроқ бўлган ядролар (барий ядроси ва криптон ядроси) ҳоил бўлади, бу ядролар зарраларининг умумий боғланиш потенциал энергияси уран ядросидаги потенциал энергиядан анча кам бўлади. Ядродаги зарралар боғланиш энергиясининг ажралиб чиққан қисми ўз таъсири ядродан ташқарида намоён қилади. Энергия миқдори масса дефекти катталигига кўра ҳисоблаб топилиши мумкин.

Бу энергияга ядронинг бўлиниш маҳсулотлари эга бўлади. Уран ядроси 2 бўлакка бўлинганда 200 МэВ энергия, яъни тротил (портловчи модда) молекуласининг химиявий энергиясидан 20 миллион марта катта энергия чиқади.

1 кг урандаги ҳамма ядролар бўлинганда 20 000 т нитротолуол портлагандаги энергияга тенг энергия чиқади. Табиий уран учта изотоп: уран-235, уран-238, уран-234 дан иборат. Уран-235 изотопи қазиб олинганда уран атомлари умумий миқдорининг 0,7% ни ташкил қилади, уран-234 жуда оз миқдорда бўлади, уран-238 изотоп эса энг кўп бўлади.

Ураннинг ҳар бир изотопининг емирилиш қобилиятини билиш учун уран-235 изотоп уран-238 изотопдан ажратиб олинган. Ураннинг иккала изотопининг физика-химиявий хоссалари деярли бир хил бўлгани учун уран-235 изотопни ажратиб олиш жуда мураккаб бўлди. Ураннинг бир изотопини иккинчисидан ажратиб олиш учун кўп марта лаб диффузиялаш методи қўлланилди. Водород, ёритгич газ, гелий ва бошқалар сингари енгил газлар говак тўсиқлар орқали осон ўтади, ҳолбуки газлар аралашмасидаги карбонат ангидриди, хлор ва бошқа-

лар сингари оғир газлар тусиқдан утолмай қолади. Бу хоссадан фойдаланиб, уран изотопларини ажратиб олиш мумкин бўлди.

Уран-238 ядроларини энергиялари бир миллион электрон-вольтдан ортиқ бўлган тез ҳаракатланувчи нейтронларгина парчалай олиши мумкин эканини совет физиклари Г. Н. Флеров ва К. А. Петржак тажрибада кўрсатдилар.

Агар кам энергияли нейтрон уран-238 ядросига кириб қолса, ураннынг янги радиоактив изотопи (уран-239) ҳосил бўлади, ураннынг бу изотопи β - зарралар чиқариб табиий йўл билан емирилади ва натижада трансуран элемент — нептуний ҳосил бўлади. Нептуний ҳам радиоактив элементдир; у ҳам β - зарралар чиқариш йўли билан емирилиб, плутонийга айланади. Плутоний ҳам радиоактив элементдир, у α - зарралар чиқариш йўли билан уран-235 изотопига айланади.

Дастлаб олимлар занжирий реакция учун соф уран-235 изотопдан фойдаланишга уриниб кўрдилар, бироқ кейинчалик уран-235 изотопни уран-238 изотопдан ажратмаган ҳолда ҳам занжирий реакция ҳосил қилиш мумкинлиги маълум бўлиб қолди.

Суст нейтронлар уран-235 га шунчалик кучли таъсир қиладики, гарчи уран-235 изотопида атом ядролари сонни уран-238 даги ядролар сонидан 140 марта кам бўлса-да, бу таъсир тез ҳаракатланувчи нейтронларнинг уран-238 га кўрсатадиган таъсиридан анча кучли бўлади. Модомики суст нейтронларнинг занжирий реакцияни авж олдиришдаги роли шунчалик катта экан, секинлатгич ишлатиш йўли билан тез ҳаракатланувчи нейтронларни суст нейтронларга айлантириш мақсадга мувофиқдир.

Агар тез ҳаракатланадиган нейтрон секинлатгич орқали ўтса, унинг тезлиги камаяди ва ядрони бўла олиши мумкин, бироқ бунда яна тез ҳаракатланувчи нейтронлар пайдо бўлади, улар ҳам секинлатгич орқали ўтиб, ядроларни бўлиш процессини вужудга келтира олади ва ҳоказо. Тез ҳаракатланувчи нейтронларни оғир сув, графит секинлата олади.

Нуклонлардан гелий ядролари ҳосил бўлишида ёки водороднинг турли изотопларининг ядролари қўшилганда (синтез қилинганда) янада катта энергия олиш мумкин. Масалан, тритий ва дейтерийнинг бирикишида гелий ядроси ва нейтрон ҳосил бўлади, бунда 17,5 МэВ энергия чиқади:



Агар 1 кг дейтерий ва тритий аралашмаси тула равишда гелийга айлантирилса, 1 кг уран бўлингандагидан 3 марта кўп энергия чиқади. Бироқ бир исмли зарядланган ядроларни бириктириш жуда қийин, бунинг учун юқори температура (миллион градус) керак. Шунинг учун синтез реакцияси термоядро реакциялари деб аталади.

Биринчи термоядро реакциялари СССР ва АҚШда деярли бир вақтда водород бомбасининг портлашида амалга оширилган. Ҳозирги вақтда бошқариладиган термоядро реакцияларини амалга ошириш соҳасида иш олиб борилмоқда.

Табиатда бундай реакциялар Қуёшда ва юлдузлар ичида рўй беради. У ерларда модда махсус плазма ҳолатида — электронлар ва ионларнинг аралашмаси ҳолатида бўлади. Иссиқ юлдузлар моддасининг зичлиги ядро моддасининг зичлигига яқин бўлади.

149- §.

Ядро энергиясининг тинчлик мақсадларида ишлатилиши

Империалистик мамлакатларда, аввало АҚШ да ядро энергияси биринчи навбатда ҳарбий мақсадларда — халқни оммавий равишда қириш қуроли бўлмиш атом бомбалари яратиш учун ишлатилади.

СССРда ядро энергияси тинчлик мақсадларида, халқнинг фаровонлигини оширишда кенг қўлланилади.

Ядро процессларидан амалий фойдаланишнинг асосий йўналишлари қуйидагилар:

1. Саноат, транспорт, қишлоқ хўжалик эҳтиёжлари учун ядро энергетикасини ривожлантириш;

2. Турли-туман ишлаб чиқариш процессларини контрол қилиш, ростлаш ва автоматлаштириш учун радиоактив изотоплар қўллаш;

3. Медицина, биология, агрономия, химия, металллар технологияси ва бошқа фанларда илмий тадқиқотлар қилишда радиоактив изотоплардан (нишонланган атомлар) фойдаланиш.

1. Ядро энергетикаси. Ядро энергетикаси реакторларда (уран қозонларида) ядро реакциялари ҳосил қилишга асосланган. СССР да 1954 йилда жаҳонда биринчи марта СССР Фанлар Академияси қошида 5000

кВт қувватли атом электр станцияси қурилди. Ҳозирги вақтда саноат ва қишлоқ хўжалик эҳтиёжлари учун ҳар бирининг қуввати 400 000 кВт дан ортиқ бўлган атом электр станциялари қурилмоқда. 1960 йилнинг охирига келиб атом электр станцияларининг умумий қуввати 2,5 млн. кВт га етди. «Ленин» атом музёари қурилди ва ишга туширилди. Транспортнинг ҳамма турлари учун атом энергиясидан фойдаланишга доир экспериментлар кенг авж олмоқда, чунки атом «ёқилғиси» кам ҳажм эгаллайди ва оғирлиги кам.

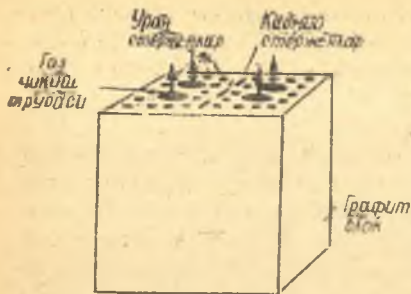
Уран қозонининг ишлашини кўриб чиқайлик. 220-расмда уран қозонининг ички тузилиши кўрсатилган.

Уран қозони (реактор) ҳажми 200 м³ дан ортиқ бўлган катта идиш бўлиб, унинг ичига тез ҳаракатланувчи нейтронларни секинлатадиган модда солинган, атрофига нейтронларни қайтарувчи модда қўйилган. Секинлатгич ва қайтаргич сифатида графит ишлатилади.

Секинлатгич ичида металл уран стерженлар бўлиб, уларда атом ядролари бўлинади. Занжирий реакция портлашга олиб келиши мумкин, шунинг учун занжирий реакцияни бошқариш учун суст нейтронларни яхши ютувчи моддалар ишлатилади. Бундай моддалар кадмий ва борли пўлатдир (таркибида бор бўлган пўлат суст нейтронларни кучли ютади).

Бу моддалар қозон ичига етарли миқдорда киритилганда улар занжирий реакцияни сўсайтириши ва ҳатто батамом тўхтатиб қўйиши ҳам мумкин. Уран қозонида суст нейтронлар таъсирида уран-235 изотопи ядролари парчаланadi. Нейтронларнинг бир қисми уран-238 изотопи ядроларига киради ва уларни плутонийга айлантиради. Нейтронларни кучли ютувчи моддаларининг бўлиши занжирий реакция катталигини ростлашга имкон беради.

Вақт-вақти билан уран стерженлари қозондан чиқариб олиниб, химиявий жиҳатдан тозалаб турилади, бунда плутоний урандан ажратиб олинади. Уран ядроларининг бўлиниш энергияси жуда улкан. Бу энергия иссиқлик ва радиоактив нурланиш тарзида чиқади. Иссиқликдан иссиқлик электроцентралларининг ишлаши учун фойдаланиш мумкин. Шу мақсадда уран қозонига узлуксиз газ юбориб турилади, бу газ юқори температурагача исийди ва буғ қозонига келади. Газ энергияси сувни буғлантириб, юқори босимли ўта қизиган буғ ҳосил қилишга сарфланади, бу буғ электр генераторига улан-



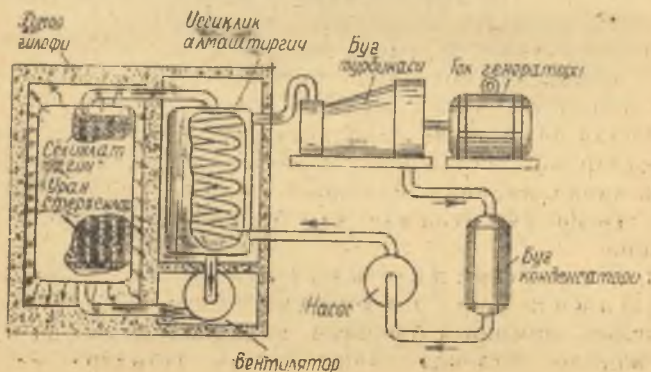
220-расм.

ган буг турбинасини ҳаракатга келтиради. 221-расмда атом электр станцияси тузилишининг-принципнал схемаси берилган. Атом энергиясидан фойдаланиб ишлайдиган иссиқлик электроцентралларининг оддий иссиқлик электроцентралларидан афзаллиги шундаки, улар энергия берадиган моддани кам сарфлайди.

Масалан, 1 кг уран 22 млн. кВт-соат энергия беради, бунча энергия олиш учун 2500 т кўмир ёқиш керак булади.

Уран қозонлари одамга зарарли таъсир кўрсатувчи радиоактив нурланишларнинг ҳам кучли манбаидир, шунинг учун қозонларни муҳофаза воситалари билан таъминлаш (бетонлаш ва бошқа муҳофаза тадбирлари кўриш) керак. Қозонларни бошқаришга доир барча процесслар, ичига уран стерженлари тушириш ва чиқариб олиш ишлари автоматик равишда узоқ масофадан туриб амалга оширилади.

2. Техникада радиоактив изотопларнинг қўлланиши. Радий жуда қиммат туради, шунинг учун унинг медицинада, биологияда ва техникада ишлатилиши жуда чеклангандир. Радиоактив изотоплар олиш арзонга тушади, шунинг учун улар фан ва техниканинг турли соҳаларида кўп қўлланилади.



221- расм.

Радиоактив изотоплар ёрдамида саноат маҳсулотларини контрол қилиш, мураккаб ишлаб чиқариш процессларини контрол қилиш, ростлаб туриш ва автоматлаштириш мумкин.

Бир неча мисол курайлик.

а) Кобальт, цезий, иридий ва бошқа элементларнинг радиоактив изотоплари кучли γ-нурлар чиқаради, шунинг учун бу изотоплар дефектоскопияда улкан буг қозонларининг пайванд чокларини ёритиб текширишда, қуйиш ёки тоблаш йўли билан тайёрланган турли-туман буюмларнинг яхлитлигини текширишда, уларда дарз кетган жойлар, ковак ва аралашмалар ёки бошқа камчиликлар бор-йўқлигини текширишда, музыка асбоблари тайёрланадиган ёғочларнинг ички қатламлари бир жинсли ёки бир жинсли эмаслигини текшириш ва бошқа ҳолларда қўлланилади. Шундай қилиб, радиоактив изотоплар қиммат турадиган катта рентген қурилмаси ўрнини босади.

б) Ишлаб чиқариш процессини тўхтатмаган ҳолда радиоактив изотоплар ёрдамида буюмларнинг қалинлигини улардан ўтаётган нурланишнинг катталигига қараб контрол қилиш мумкин.

в) Радиоактив изотоплар ёрдамида домна ёки мартен печларининг туби қанчалик ишдан чиққанлигини аниқлаш мумкин. Бу мақсадда печ тубига баъзи элементларнинг радиоактив изотоплари кўмиб қўйилади.

Эритилган металлда радиоактив изотоплар борлиги пайқалса, демак печнинг туби изотоплар қўйилган жойгача ейлиб кетганини билдиради.

г) Ички ёнув двигателлари поршень ҳалқаларининг қанчалик ейилганини ҳалқалар таркибига қўшилган радиоактив кобальт ёрдамида контрол қилиш мумкин. Поршень ҳалқалари ейилганда металл зарралари машина мойланадиган мойга тушади ва мойнинг Гейгер сўтчиғи ёрдамида аниқланган радиоактивлик даражасига қараб, ҳалқаларнинг ейилишини характерлаш мумкин. Поршень ҳалқаларининг ейилишига ёнилғининг сифати қандай таъсир кўрсатишини ҳам бу усул билан аниқлаш мумкин.

3. Радиоактив изотопларнинг илмий текширишларда қўлланилиши. Сунъий радиоактивлик олимларга биология, медицина, химия ва бошқа фанлар соҳасида «нишонланган атомлар» методи

билан турли-туман тадқиқотлар қилишга имкон берди. Бу метод шундан иборатки, радиоактив бўлмаган элементга жуда оз миқдорда радиоактив изотоп қўшилади, бу изотопни унинг нурланишига қараб қузатиш мумкин бўлади. Радиоактив изотоп борлигини пайқашнинг икки усули бор: радиоактив нурланишнинг фотопластинкага кўрсатадиган таъсирга асосланган радиоавтография усули ва счётчиклар усули. Счётчик ёрдамида радиоактив изотоп борлигини пайқабгина қолмай, минутига бўладиган импульсларни санаш нули билан унинг миқдорини ҳам билиш мумкин. «Нишонланган атомлар» методи тирик организмнинг нормал тинч ҳолатидаги фаолиятини (функцияларини) текширишга имкон берадиган ягона методдир.

Радиоактивликни ўлчаб, радиоактив изотоп атомларининг организмдаги ҳаракати, уларнинг бирор органда тўпланиши ва организмдан чиқиб кетиш тезлиги ҳақида маълумот олиш мумкин. Бир неча мисол келтирамиз:

а) тузларнинг қонга сўрилиш тезлиги одамнинг қўлидаги Гейгер счётчиги билан ўлчанган; бу счётчик қонда радиоактивликнинг ўзгаришини қайд қилган;

б) организмга радиоактив йод киритиб, унинг қалқонсимон безларда тўпланиши аниқланган. Бу ҳол унинг қалқонсимон безлар касалланганда қўлланишига имкон беради;

в) организмга радиоактив фосфор киритиб, фосфор алмашинуви тезлигини аниқлаш мумкин бўлди. Фосфор жигарда, мускулларда ва мия моддасида жуда интенсив алмашинар экан. Шунингдек, суяк таркибида фосфор кўп тўпланади экан. Ҳатто тишларнинг эмали сингари инерт тўқимада ҳам овқат билан бирга ейилган фосфор бўлар экан;

г) радиоактив темир билан ўтказилган текширишлар унинг қизил қон таначаларининг гемоглобинига сингиш тезлигини аниқлашга имкон берди. Камқонлик касалига учраган кишиларда темирнинг сингиш тезлиги анча катта бўлади;

д) радиоактив азотдан фойдаланиш одам организмида оқсилларнинг янгилиниш тезлигини аниқлашга имкон берди. 6—7 кун давомида жигар оқсилларининг ярми парчаланиб, яна қайтадан тикланади экан. 180 кун давомида организмимиздаги барча оқсилнинг ярми қайта тикланади экан;

е) организмга таркибида радиоактив углерод бўлган қанд киритиш йўли билан унинг ўзлаштирилишини, бошқа моддаларга айланишини, организмдан чиқиб кетишини кузатиш мумкин;

ж) тирик организмга микробларнинг кириши ва уларнинг жонивор танасида тарқалишини аниқлаш учун радиоактив изотопларни бўлган озуқа муҳитида етиштирилган микроблардан фойдаланилди. Бу микроблар радиоактив моддаларнинг нурлаши туфайли организмнинг ҳар қандай тўқималарида ва суюқликларида осон топилиши мумкин.

Химия соҳасида «нишонланган атомлар» методи коррозия ёки жуда оз эриганлиги сабабли эритмалардаги микдорнинг тортиб топиш мумкин бўлмаган тузларни аниқлаш билан боғлиқ бўлган мураккаб масалаларни ҳал қилишга имкон беради. «Нишонланган атомлар» ёрдамида химиклар химиявий анализнинг турли методларини ва моддаларни саноатда ажратишнинг турли методларини текшириб кўрдилар.

Металлар технологияси соҳасида «нишонланган атомлар» методи элементларнинг қотишмаларда диффузияланиши, пиширишда элементларнинг диффузияси ва шу сингари мураккаб масалаларни ҳал қилишга имкон беради.

Агробиология соҳасида «нишонланган атомлар» методи тупроққа солинган турли ўғитлар таркибидаги турли химиявий элементларни ўсимликларнинг қандай ўзлаштирилишини, шунингдек қатор бошқа муҳим масалаларни ҳал қилишга имкон берди. Радиоактив изотопларнинг фан ва техниканинг турли соҳаларида қўлланиши биз санаб ўтган мисоллар билан чекланиб қолмайди. Улардан фойдаланиш имкониятлари кун сайин кенгайиб бормоқда.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Ядронинг боғланиш энергияси нима?
2. Масса дефекти нима?
3. Масса билан энергиянинг боғланиш қонунининг моҳияти нимада?
4. Уран ядроларининг бўлиниши қандай нурлантириш таъсирида аниқланган?
5. Занжирий реакция нима ва бундай реакция уран-235да қандай юз беради?
6. Критик масса нима?
7. Уран қозони қандай тузилган ва қандай ишлайди?
8. Ядро энергияси саноат, транспорт, қишлоқ хўжалиги, медицина, биологияда қандай қўлланилмоқда?

Халқаро СИ системасининг энг муҳим бирликлари

Қатталикнинг номи	Бирликнинг номи	Бирликнинг белгиси	Бирликнинг илгариги номи (қавсда — унинг белгиси)*
	Асосий бирликлар		
Узулик	метр	м	
Масса	килограмм	кг	
Вақт	секунд	с	
Электр тоқининг кучи	ампер	А	
Кельвиннинг термодинамик температураси	кельвин	К	Кельвин градуси (°К, град)
Ёруғлик кучи	каддела	кд	шам (шм)
	Қушимча бирликлар		
Ясси бурчак	радиан	рад	
Фазовий бурчак	стерадиан	ср	
	Ҳосила бирликлар		
Юз	квадрат метр	м ²	
Ҳажм	куб метр	м ³	
Тезлик	секундига метр	м/с	
Тезланиш	квадрат секундига метр	м/с ²	
Частота	герц	Гц	
Айланиш частотаси	минус биринчи даражали секунд	с ⁻¹	
Бурчак тезлик	секундига радиан	рад/с	
Зичлик	куб метрига килограмм	кг/м ³	
Ҳаракат миқдори (импульс)	секундига килограмм-метр	кг·м/с	
Куч (оғирлик кучи, оғирлик)	ньютон	Н	
Куч momenti	ньютон-метр	Н·м	
Куч импульси	ньютон-секунд	Н·с	
Иш, энергия	жоуль	Ж	
Қувват	ватт	Вт	
Босим	паскаль	Па	квадрат метрга ньютон (н/м ²)
Сирт таранглиги коэффициенти	метрга ньютон	Н/м	
Иссиқлик миқдори	жоуль	Ж	

Катталикнинг номи	Бирлигининг номи	Бирлигининг белгиси	Бирлигининг илгариги номи (қавсда—унинг белгиси)*
Солиштирма иссиқлик сизими	килограмм-келвинга жоуль ёки килограмм-Цельсий градусига жоуль	$\frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ $\frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	килограмм-градусга жоуль $\text{Ж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$
Фазавий ўтиш солиштирма иссиқлиги	килограммга жоуль	Ж/кг	
Электр миқдори, электр заряди	кулон	Кл	
Потенциал, потенциаллар фарқи, электр юритувчи куч	вольт	В	
Электр майдонининг кучланганлиги	метрга вольт	В/м	
Электр сизими	фарада	Ф	
Қаршиллик	ом	Ом	
Солиштирма қаршиллик	ом-метр	Ом·м	
Ўтказувчанлик	сименс	См	
Магнит оқими	вебер	Вб	
Магнит индукцияси	тесла	Т	
Магнит майдонининг кучланганлиги	метрга ампер	А/м	
Индуктивлик	генри	Г	
Ёруғлик оқими	люмен	лм	
Ёритилганлик	люкс	лк	
Равшанлик	квадрат метрга кандела	кд/м ²	квадрат метрга шам (шм/м ²), ёки нит (нт)

* Бу графада номлари ГОСТ нинг «Физик катталиклар бирликлари» лойиҳасидагидан бошқача бўлган бирликларгина кўрсатилади.

Ўли карралаи ва улуш бирликлар ҳосил қиладиган кўпайтувчи ва олд қўшимчалар

Кўпайтувчи	Олд қўшимча	
	номи	белгиси
1 000 000 000 000 = 10 ¹²	тера	T
1 000 000 000 = 10 ⁹	гига	G
1 000 000 = 10 ⁶	мега	M
1 000 = 10 ³	кило	k
100 = 10 ²	(гекто)	г
10 = 10 ¹	(дека)	да
0,1 = 10 ⁻¹	(деци)	д
0,01 = 10 ⁻²	(сант)	с
0,001 = 10 ⁻³	милли	м
0,000 001 = 10 ⁻⁶	микро	мк
0,000 000 001 = 10 ⁻⁹	нано	н
0,000 000 000 001 = 10 ⁻¹²	пико	п
0,000 000 000 000 001 = 10 ⁻¹⁵	фемто	ф
0,000 000 000 000 000 001 = 10 ⁻¹⁸	атто	а

СГС системасининг энг муҳим бирликлари

Қатталиқнинг номи	Бирлиқнинг номи	Бирлиқнинг белгиси
Узунлик	сантиметр	см
Масса	грамм	г
Электр тоқининг кучи	СГС бирлик	—
Электр миқдори	СГС бирлик	—
Электр потенциали	СГС бирлик	—
Электр майдонининг кучланганлиги	СГС бирлик	—
Электр сизими	СГС бирлик	—
Магнит оқими	максвелл	Мкс
Магнит индукцияси	гаусс	Гс
Магнит майдонининг кучланганлиги	эрстед	Э

МУНДАРИЖА

Сўз боши : : : 3
3-қисм

Электр

I б о б

Электр майдони

1- §. Кириш	5
2- §. Жисмларнинг ишқаланишда ва зарядли жисмларга текканида электрланиши	6
3- §. Электр зарядларининг икки тури. Зарядларнинг ўзаро таъсир қонуни	8
4- §. Электроскоп	8
5- §. Электроний назария ҳақида тушунча	9
6- §. Утказгич ва диэлектриклар	11
7- §. Кулон қонуни	12
8- §. Муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги	13
9- §. Электр миқдори бирликлари	15
10- §. Электр майдони	19
11- §. Электр майдонининг кучланганлиги	20
12- §. Электр куч чизиқлари	25
13- §. Бир жинсли электр майдони ҳақида тушунча	28
14- §. Потенциал ҳақида тушунча	29
15- §. Потенциаллар фарқи. Потенциаллар фарқининг ўлчов бирликлари	30
16- §. Электр майдонида зарядларнинг кучиш шартлари	32
17- §. Электрометр	33
18- §. Электр майдонининг зарядли кучиришда бажарадиган иши	34
19- §. Потенциаллар фарқи билан майдон кучланганлиги орасидаги боғланиш	35
20- §. Электр майдонидаги ўтказгичлар	37
21- §. Изоляцияланган ўтказгичда зарядларнинг тақсимланиши	39
22- §. Электр майдонидаги диэлектриклар	41
23- §. Утказгичнинг электр сифими	42
24- §. Электр сифими бирликлари	44
25- §. Конденсатор. Яси конденсатор сифмининг формуласи. Зарядланган конденсатор энергияси	46

II б о б

Ўзгармас электр токи

26- §. Электр токи ҳақида тушунча	54
27- §. Берк электр занжири. Занжирда токнинг йўналиши	54
28- §. Электр энергияси манбаининг электр юритувчи кучи	55
29- §. Занжирнинг ташқи ва ички қисмлари. Ташқи электр занжирида потенциал пасафиши	57
30- §. Ток кучи ва унинг ўлчов бирликлари	58
31- §. Утказгичнинг қаршилиги. Қаршилик бирлиги. Утказгичнинг ўтказувчанлиги	60

32- §.	Занжирнинг бир қисмига оид Ом қонуни	61
33 §.	Қаршиликнинг ўтказгич материалӣ, узунлиги ва кўнданлаг кесим юзига боғланиши	62
34- §.	Ўтказгич қаршилигининг температурага боғланиши : :	66
35- §.	Ўта ўтказувчанлик ҳақида тушунча	72
36- §.	Реосатлар	73
37- §.	Қаршиликларни кетма-кет улаш	76
38- §.	Қаршиликларни параллел улаш	81
39- §.	Бутун занжирга оид Ом қонуни	87
	1- Лаборатория иши. Электр энергияси манбаининг э. ю. к. ва ички қаршилигини аниқлаш	88
40- §.	Занжирнинг э. ю. к. га эга бўлган қисмига оид Ом қонуни	89
41- §.	Электр токининг иши	91
42- §.	Электр токининг қуввати	93
	2- Лаборатория иши. Чўғланма лампочка қувватининг лампочка қисқичларидаги кучланишга боғланишини текшириш	94
43- §.	Токининг иссиқлик таъсири. Ленц — Жоуль қонуни	99
44- §.	Токининг иссиқлик таъсиридан фойдаланиш	104
45- §.	Термоэлементлар ва уларнинг ишлатилиши	106
46- §.	Контакт потенциаллари фарқи	109

III б о б

Электромагнетизм

47- §.	Токларнинг ўзаро таъсири	111
48- §.	Магнит майдони	112
49- §.	Доимий магнитлар. Магнит қутбларининг ўзаро таъсири : :	113
50- §.	Магнитнинг магнит майдонининг келиб чиқиши	114
51- §.	Магнит куч чизиқлари	115
52- §.	Тўғри чизиқли токнинг магнит майдони	116
53- §.	Айланма токнинг магнит майдони	117
54- §.	Токли ғалтакнинг магнит майдони	117
55- §.	Электромагнит ва унинг қўлланиши	118
56- §.	Магнит майдонининг токли ўтказгичга курсатадиган таъсири. Чап қўл қондаси	121
57- §.	Магнит майдонининг индукцияси	124
58- §.	Магнит оқими	126
59- §.	Магнит сингдирувчанлик	127
60- §.	Магнит майдонининг кучланганлиги	130
61- §.	Парамагнит, ферромагнит ва диамагнит моддалар : : :	133
62- §.	Ўзгармас ва ўзгарувчан магнит майдонлари	136
63- §.	Ферромагнит жисмларнинг магнитланиши ва қайта магнитланиши	138

IV б о б

Электромангнитик индукция

64- §.	Электромангнитик индукция ҳодисаси	140
65- §.	Индукцион ток ҳосил бўлишининг асосий шартлари : : :	140

66- §.	Индукцион токнинг йуналиши. Ленц қонуни	143
67- §.	Унг қул қондаси. Индукция э. ю. к. нинг катталиги	144
68- §.	Уюрма тоқлар	148
69- §.	Узиндукция ҳодисаси	150
70- §.	Урамнинг бир живсли магнит майдонида айланиши. Синусодал узгарувчан ток ҳақида тушунча	153
71- §.	Узгарувчан токни трансформациялаш. Трансформатор	159
72- §.	Индукцион ғалтак	164
73- §.	Электр энергиясини узоқ масофаларга узатиш	165

V б о б

Электродитларда электр тоқи

74- §.	Электролиз ҳақида тушунча	169
75- §.	Электродитик диссоциация	169
76- §.	Фарадейнинг биринчи қонуни	170
77- §.	Фарадейнинг иккинчи қонуни	171
	3- Лаборатория иши. Миснинг электрохимиявий эквивалентини аниқлаш	172
78- §.	Электролизнинг техникада қулланиши	175
79- §.	Гальваник элементлар. Вольт элементи	180
80- §.	Вольт элементининг қутбланиши. Лекланше элементи	181
81- §.	Аккумуляторлар. Аккумуляторнинг сигими. Аккумуляторларнинг ишлатилиши	182

V I б о б

Газларда ва вакуумда электр тоқи

82- §.	Газларнинг ионланиши	185
83- §.	Газларда атмосфера босими шаронтида юз берадиган разрядлар	187
84- §.	Сийракланган газларда буладиган разряд	194
85- §.	Катод нурлари, уларнинг табиати ва хоссалари	198
86- §.	Термоэлектрон эмиссия	201
87- §.	Икки электродли электрон лампа (диод)	203
88- §.	Уч электродли лампа	206
89- §.	Ярим ўтказгичли туғрилагич ва кучайтиргичлар ҳақида тушунча	207
90- §.	Электрон-нур трубкаси	216

V I I б о б

Электромагнитик тебранишлар ва тўлқинлар

91- §.	Электр тебранишлари ҳақида тушунча. Конденсаторнинг разрядланиши. Электромагнитик тебранишлар	219
92- §.	Берк тебраниш контури. Сунадиган ва сунмайдиган тебранишлар	222
93- §.	Очиқ тебраниш контури. Электромагнитик тўлқинлар ва уларнинг тарқалиши	225
94- §.	Электр резонанси	228
95- §.	Радио сгналлари узатиш ва қабул қилиш ҳақида тушунча. А. С. Попов — радио, ихтирочиси	229
96- §.	Рентген нурлари ва уларнинг қулланиши	234

4- қисм

Оптика ва атом тузилиши

VIII боб

Еруғликнинг табиати. Еруғликнинг тарқалиши. Фотометрия

97- §. Еруғликнинг табиати	237
98- §. Еруғлик манбалари. Еруғлик нурлари. Еруғликнинг туғри чизиқ буйлаб тарқалиш қонуни	239
99- §. Гюйгенс принципи	240
100- §. Еруғликнинг тарқалиш тезлиги	241
101- §. Еруғлик оқими. Еруғлик кучи	244
102- §. Еритилганлик	246
103- §. Еритилганлик қонунлари	248
104- §. Фотометр. Еруғлик кучини ўлчаш	252
105- §. Люксметр	254

IX боб

Еруғликнинг қайтиши

106- §. Еруғликнинг қайтиш ҳодисаси. Еруғликнинг қайтиш қонунлари	255
107- §. Ясси кўзгу. Текис қайтиш ва тарқоқ қайтиш. Ясси кўзгуда нуқта ва буюм тасвирларини ясаш	256

X боб

Еруғликнинг синиши

108- §. Еруғликнинг синиш ҳодисаси	259
109- §. Еруғликнинг синиш қонунлари. Синдириш кўрсаткичи	260
110- §. Тула ички қайтиш	265
111- §. Нурнинг ясси-параллел пластинкадаги йўли	269
112- §. Нурнинг уч ёқли призмадаги йўли	271
113- §. Линзалар. Линзанинг оптик кучи	272
114- §. Линзада тасвир ясаш	275
115- §. Линзанинг чизиқли катталаштириши. Линза формуласи	277
4- Лаборатория иши. Нигувчи линзанинг фокус масофасини аниқлаш	279
116- §. Фотография аппарати. Проекцион аппарат	280
117- §. Кўз оптик система. Кўриш бурчаги	283
118- §. Лупа	285
119- §. Микроскоп ва телескоп	286
5- Лаборатория иши. Шишанинг синдириш коэффициентини аниқлаш	287

X I б о б

Ёруғликнинг таркиби. Нурланиш

120- §	Призма ёрдамида оқ нурни рангли нурларга ажратиш. Спектр. Монохроматик ёруғлик	289
121- §	Рангли нурлардан оқ ёруғлик ҳосил қилиш. Жисмларнинг ранги	290
122- §.	Спектроскоп. Чиқариш спектрлари	292
123- §	Ютилиш спектрлари. Кирхгоф қонуни	293
124- §.	Куёш спектри :	294
125- §.	Спектрал анализ	295
126 §.	Ёруғликнинг комбинацион сочилиши	298
127- §.	Инфракизил ва ультрафиолет нурлар	299
128- §.	Электромагнитик тўлқинлар шкаласи	302

X I I б о б

Ёруғликнинг тўлқиний ва корпускуляр табиати.

Ёруғлик таъсири

129- §	Ёруғликнинг интерференцияси	304
130- §.	Юпқа пардаларнинг ранги	308
131- §.	Тўлқинларнинг дифракцияси	311
132- §	Ёруғликнинг дифракцияси	312
133- §.	Дифракцион панжара ва ёруғлик тўлқинининг узунлигини улчаш	314
134- §.	Ёруғлик босими ҳақида тушунча	317
135- §.	Фотоэффект ҳодисаси. Ёруғлик квантлари ҳақида тушунча	320
136- §.	Фотоэлементлар ва уларнинг ишлатилиши	323
137- §	Ёруғликнинг иссиқлик ва химиявий таъсири	328
138- §	Люминесценция	330

X I I I б о б

Атом тузилиши

139- §	Атом тузилишининг мураккаблиги	333
140- §.	Атомнинг электрон қобили. Атом ядроси	334
141- §.	Атомнинг энергетик сатҳлари. Атомнинг энергия ютиши ва чиқариши	338
142- §.	Бор постулатлари	339

X I V б о б

Атом ядросининг энергияси

143- §	Радиоактивлик	342
144- §.	Атом ядросининг тузилиши	349
145- §	Атом ядросига таъсир қилиш усуллари. Атом ядроларининг бир-бирига айланиши	351
146- §	Сунъий радиосактивлик	353
147- §.	Богланиш энергияси ва масса дефекти	355
148- §.	Ядро энергиясининг ажралиб чиқиши. Уран ядроларининг бўлиниши. Занжирий реакция	358
149- §.	Ядро энергиясининг тишчлик мақсадларида ишлатилиши	362
Илова	: : :	368

На узбекском языке

[НИКОЛАЙ ДМИТРИЕВИЧ БЫТЬКО]

ФИЗИКА, ч. 3 и 4

Учебное пособие для техникумов

*Издательство „Ўқитувчи“
Ташкент—1974*

*Таржимон М. Усмонов
Масъул редактор Р. Сайдашев
Бадий редактор Ё. И. Соин
Тех. редактор Т. Ананина
Корректор Б. Ахматова*

Теришга берилди 14/III-1974 й. Босишга рухсат этилди 10/XI-1974 й. Қозғош № 3,84x108 ¹/₃₂. Физ. б. л. 11,75. Шартли босма, л. 19,74. Нашр л. 19,22. Тиражи 13000

«Ўқитувчи» нашриёти. Тошкент. Навоий кўчаси, 30. Шартнома 208-73. Баҳоси 52 т. Муқоваси 10 т.

«ЎзССР» Министрлар Советининг нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари Давлат комитетининг Тошкент полиграфия комбинати. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. 1974 й. Зах. № 1392.

Ташполиграфкомбинат Государственного Комитета Советских Министров по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ташкент, Навои, 30.

