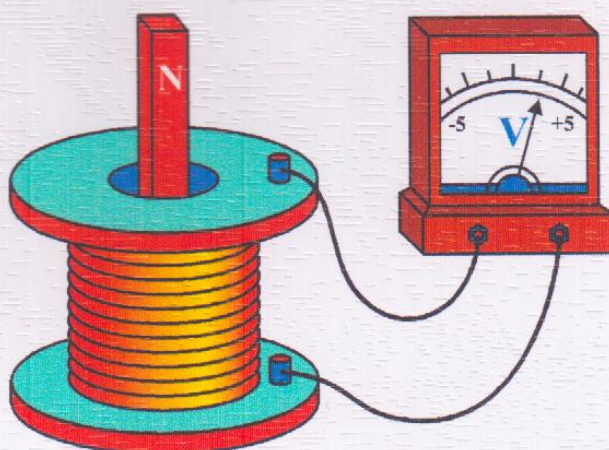


КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН  
БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА ИЛИМ МИНИСТРАЛИГИ

# Физикалык практикум

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ



Ош – 2012

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН  
БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА ИЛИМ МИНИСТРАЛИГИ

ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ

# **ФИЗИКАЛЫҚ ПРАКТИКУМ**

## **ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**

**Университеттердин физика,  
математика, информатика жана  
инженердик-техникалык адистиктеринин  
студенттери үчүн окуу колдонмосу**

Ош – 2012

УДК 543  
ББК 24.46  
Э 20

Ош Мамлекеттик Университетинин Окумуштуулар Кеңешинин чечими менен басмага сунушталган.

Рецензенттер: ф.-м.и.д., профессор Ы.Ташполотов,  
п.и.к., профессор Р.Н.Халиуллин.

Түзүүчүлөр: Ж. Эгембердиев, З.Омаралиева

**Э20 Физикалык практикум: Электромагнетизм.**

Университеттердин физика, математика, информатика жана инженердик-техникалык адистиктеринин студенттери үчүн окуу колдонмосу // Түзүүчүлөр Ж. Эгембердиев, З.Омаралиева. – Ош: «Ошоблбасмакана», 2012 - 140 б.

ISBN 978-99-67-25-547-0

Окуу колдонмосунда жалпы физика курсунун электромагнетизм бөлүмүнүн айрым маселелерин тереңдетип өздөштүрүүгө көмөк көрсөтүүчү 10 лабораториялык иштин баяндамасы берилген.

Ар бир баяндама студенттерди аткарылуучу иштин максаты, жабдылышы, изилденүүчү кубулуштардын илимий-теориялык көз караштардын негизинде түшүндүрүлүшү, ишти аткаруунун тартиби, алынган маалыматтарды иреттеп анализдөө жана тиешелүү тыянак чыгаруу жолдору менен тааныштырат.

Э 707600000-12  
ISBN 978-99-67-25-547-0

УДК 543  
ББК 24.46  
© Эгембердиев Ж.,  
Омаралиева З., 2012

## М А З М У Н У

<b>КИРИШҮҮ</b>	<b>4</b>
<b>УСУЛДУК КЕҢЕШТЕР</b>	<b>7-17</b>
1. Электр чынжырлары жөнүндө жалпы түшүнүк	7
2. Коопсуздук техникасынын эрежелери	15
3. Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун эрежелери	16
<b>ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШТЕРДИН БАЯНДАМАЛАРЫ</b>	<b>18-125</b>
1. Өткөргүчтөрдүн электрдик каршылыгын аныктоо	18
2. Конденсатордун электр сыйымдуулугун аныктоо	31
3. Электролиз кубулушу	42
4. Вакуумдагы ток. Электрондун металлдан чыгуу жумушун аныктоо	54
5. Күн батареясы	63
6. Жердин магнит талаасынын чыңалышынын горизонталдык түзүүчүсүн аныктоо	77
7. Электрондук осциллограф	83
8. Өзгөрүлмө токтун жөнөкөй чынжырлары	92
9. Өчүүчү электрдик термелүүлөр	107
10. Аргасыз электрдик термелүүлөр	117
<b>ТИРКЕМЕЛЕР</b>	<b>126-138</b>
T1. Негизги физикалык турактуулар	126
T2. Электротехникада колдонулуучу металлдардын салыштырма электрдик каршылыгы	126
T3. Кээ бир металлдардын, куймалардын жана материалдардын салыштырма электрдик каршылыгы $\rho$	127
T4. Суюк диэлектриктердин салыштырма электрдик каршылыгы $\rho (t = 20^{\circ}C)$	127
T5. Өтө тазаланган суунун салыштырма электр өткөрүмдүүлүгү	127
T6. Катуу диэлектриктердин салыштырма электрдик каршылыгы $\rho (t = 20^{\circ}C)$	128
T7. Металлдардын жана куймалардын салыштырма электрдик каршылыгынын температуралык коэффициенти	128
T8. Түрдүү заттардын диэлектрдик өтүмдүүлүгү	129
T9. Электрондун заттардан чыгуу жумушу.....	130
T10. № 8, 9 жана 10- лабораториялык иштерде колдонулуучу кассеталардагы электр чынжырларынын элементтеринин параметрлери	130
T11. Башка лабораториялык иштердин тизмеси	131
T12. Физика курсунун электромагнетизм бөлүмүнө тиешелүү видеофильмдер	132
T13. Колдонмодо кездешкен айрым терминдердин түшүндүрмө сөздүгү	133
<b>АДАБИЯТТАР</b>	<b>139</b>

## КИРИШҮҮ

---

Табияттагы көптөгөн электрдик жана магниттик кубулуштар чөйрөдө электр заряддарынын (заряддуу бөлүкчөлөрдүн) топтолушу, кыймылы жана өз ара аракеттенишүүлөрү менен шартталган. Бул кубулуштардын жүрүшү электр заряддарынын (б.а. заряддардын электр талаасынын) энергиясынын энергиянын башка түрлөрүнө жана тескерисинче тынымсыз айлануулары менен коштолуп барат. Электрдик жана магниттик кубулуштардын физикалык табиятын жана өз ара байланышын түшүнүүгө багытталган XVIII-XIX-кылымдардагы фундаменталдык изилдөөлөр XX-кылымда башталган зор илимий-техникалык прогресстин өзөгүн түздү, демек, адамзаттын турмуш-тиричилигин жеңилдетти, андан ары өнүгүүгө жол ачты. Мисалы, бүгүнкү күндөлүк турмушту электр энергиясысыз элестетүүгө мүмкүн болбой калды - имараттарды жарыктандыруу, жылытуу, тамак-аш даярдоо үчүн негизинен электр энергиясы пайдаланылат, ал эми муздаткычтар, кир жуугуч машиналар, радиокабылдагычтар, телевизорлор, компьютерлер, телефон аппараттары сыяктуу ж.б. көптөгөн үй-тиричилик приборлору жана аспаптары «электрсиз» иштебейт. Өнөр жайларында, курулуш жана айыл-чарба тармактарын иштетип өнүктүрүүдө электр энергиясы кеңири колдонулат. Анткени, учурда электр энергиясы маанилүү экономикалык, экологиялык ж.б. артыкчылыктарга ээ - аны өндүрүү, керектөөчүлөргө ташып жеткирүү, бөлүштүрүү, башка түрдөгү энергияларга айландыруу жана колдонуу бир топ жеңил, таза жана арзан.

Жалпы физика курсунун электромагнетизм бөлүмүндө түрдүү электрдик жана магниттик кубулуштардын физикалык табияты, закон ченемдүүлүктөрү, өз ара байланыштары жана практикалык колдонулуштары окуп үйрөнүлөт. Бул маселелер боюнча туура түшүнүк алган ар бир инсан (сөзсүз эле «физик» болушу шарт эмес) электр энергиясын натыйжалуу жана сарамжалдуу пайдаланууга, демек, жалпы экономикалык жана экологиялык көйгөйлөрдү кандайдыр-бир даражада жеңилдетүүгө салым кошо алат.

Сунуш кылынып жаткан колдонмодо ОшМУнун «Электромагнетизм» окуу лабораториясынын шартында жалпы физика курсунун электромагнетизм бөлүмүнүн айрым маселелерин

практикалык түрдө өздөштүрүүгө арналган иштердин баяндамалары берилди. Ал иштердин бир тобун аткаруу Фрунзе политехникалык институтунун (азыркы Кыргыз техникалык университети) эксперименталдык устаканасында жасалган типтүү жабдууларды, приборлорду колдонууга негизделген. Бул лабораториялык жабдуулар айрым блоктордун (кассеталардын) системасы түрүндө жасалган. Ар бир чакан блок – кассета электр чынжырларынын айрым бир элементтерин (мисалы, ток булагы, каршылыктардын магазини, сыйымдуулуктар магазини, термелүү контурлары, индуктивдүүлүк түрмөктөрү, сызыктуу электр чынжырларынын элементтери ж.б.д.у.с.) өзүнө камтыйт. Блоктордун тунук капкактары ал элементтерди жана алардын өз ара туташууларын көрүп- байкоого мүмкүндүк берет. Ар бир блоктун бетки панелинде башкаруучу-жөнгө салуучу бурагычтар (тумблерлер, потенциометрлер), өлчөгүч куралдар (амперметр-вольтметрлер ж.б.), блокко бириктирилген элементтердин электрдик схемалары жана блоктун башка электр чынжырларына туташтырууга ылайыкташкан клеммалар жайгаштырылган.

Комплектке кирген блокторду, атайын өткөргүчтөрдү (кабелдерди) максатка жараша тандоо жана берилген схемага ылайык өз ара туташтыруу аркылуу конкреттүү физикалык маселелерди чечүүгө жарактуу татаал электр чынжырларын түзүп, пайдаланууга болот.

Айрым лабораториялык иштерде электрдик сигналдардын булагы катары *үндүк генератор* (үндүк жыштыктардагы синусоидалык электрдик сигналдардын генератору), ал эми өлчөгүч курал катары *электрондук осциллограф* колдонулат. Осциллографтын экранындагы сүрөттөлүш электр чынжырында жүрүп жаткан процесстерди элестүү чагылтууга жардам берет.

Дээрлик бардык лабораториялык иштерди аткарууда электр энергиясынын алгачкы, негизги булагы катары шаардык электр тармагынан алынуучу 220 вольттук өзгөрүлмө чыңалуу колдонулат. Зарыл болгон учурларда аны *ток булагы* деп аталган блоктордун жардамында керектүү чоңдуктагы өзгөрүлмө же турактуу чыңалууга өзгөртүп түзүп пайдаланууга болот. Электр чынжырларында колдонулуучу чыңалуулар адамдын өмүрү үчүн коркунучтуу, ошондуктан лабораториялык иштерди аткарып жатканда коопсуздук техникасынын тиешелүү эрежелерин сактоого өзгөчө көңүл буруу зарыл.

Көпчүлүк иштерди аткарууда атайын лабораториялык текчелер пайдаланылат. Иште колдонулуучу приборлор текчелерге алардын өлчөмүнө жана кызматына жараша жайгаштырылат. Төмөнкү текченин оң жана сол жак четинде приборлорду ток булагына туташтыруучу уячалар, аларды чогуу кошуп-ажыраткыч тумблерлер орнотулган. Текчеден чыгып турган кош өткөргүчтүн учу (вилкасы) бөлмөдөгү ток булагына кошулганда гана жогорудагы уячалар активдешет. Ишти баштаарда эң биринчи «текчени» бөлмөдөгү ток булагына кошуу, андан кийин приборлорду «текчеге» туташтыруу жана тумблерди «кошуу», акырында прибордогу тумблерди кошуу жана андагы тиешелүү потенциометрлердин жардамында керектүү өлчөмдөгү сигналды (ток күчүн же чыңалууну) тандап алуу сунуш кылынат. Ишти аяктаарда жогорудагы кадамдар тескери удаалаштыкта кайталанат.

Электромагниттик кубулуштарды окуп үйрөнүүгө арналган жана ОшМУнун окуу лабораториясынын шартында аткарууга мүмкүн болгон дагы 5 иштин баяндамалары [21] эмгекте, ал эми виртуалдык 8 иштин баяндамалары [8] эмгекте кыргыз тилинде кеңири берилген. Ошондуктан бул китепчеде алардын тизмеси гана берилди (Т11-тиркеме). Т12-тиркемеде физика курсунун электромагнетизм бөлүмүнө тиешелүү видеофильмдердин тизмеси берилген.

Электромагниттик кубулуштардын айрым маселелерин виртуалдык түрдө кошумча, интерактивдүү «Открытая физика 2.5» сыяктуу окутуучу компьютердик программалардын курамындагы моделдердин жардамында тереңдетип өздөштүрүүнү сунуш кылабыз. Акыркы жылдарда физикалык практикумду заманбап санариптик технологиялардын жардамында аткарууга мүмкүнчүлүктөр түзүлдү. Алардын өзгөчөлүктөрү өзүнчө китепчеде баяндалат.

Электромагнетизм боюнча жалпы физикалык практикумдун түзүлүшү - ОшПИ-ОшМУнун жалпы физика кафедрасынын жамаатынын көп жылдык эмгегинин натыйжасы. Практикумду түзүүгө жана өнүктүрүүгө салым кошушкан бардык кызматкерлердин аттарын атап чыгуу мүмкүн эмес. Алардын баарына таазим кылуу менен терең ыраазычылык билдирип кетебиз.

*Түзүүчүлөр*

### 1. *Электр чынжырлары жөнүндө жалпы түшүнүк*

*Электр чынжыры* деп электр тогун өткөрүүгө арналган түзүлүштөрдүн көптүгүн айтабыз. Электр чынжырларында энергиялардын өз ара айланышуусу жүрөт: механикалык жана химиялык энергиялар электр энергиясына, ал эми электр энергиясы – жылуулук, жарык, механикалык ж.б. энергияларга айланат. Электр чынжырларынын курамына электр энергиясынын булактары, керектөөчүлөрү, аларды өз ара туташтыруучу зымдар (өткөргүчтөр), башкаруучу, сактоочу жана кабарлоочу аппараттар (датчиктер), электр өлчөгүч приборлор, өзгөртүп түзүүчү түзүлүштөр ж.б. кириши мүмкүн.

Электр чынжырлары тармакталбаган (жөнөкөй, сызыктуу) жана тармакталган болушу мүмкүн. Электр чынжырынын ток өтүп жаткан бир бөлүгүн анын *бутагы*, ал эми бутактары кошулган жерин - *түйүнү* деп аташат.

Электр чынжырлары сөзсүз түрдө электр энергиясынын булактарын камтышат. Схемаларда, адатта, булактардын сүрөттөлүштөрүн көрсөтпөстөн, электр тармагынын чынжыр кошулуучу кыскачтарын гана белгилеп коюшат. 220 вольттук өзгөрүлмө чыңалууга ээ болгон шаардык электр тармагы изилденүүчү чынжырдын нормалдуу иштешине дайыма эле жарай бербейт, ошондуктан кээде лабораториялык автотрансформаторлор (ЛАТР же РНШ) сыяктуу чыңалууну жөнгө салгычтарды колдонушат. ЛАТРдын кыймылдуу контагын анын оромдорунун үстүнөн жылдыруу аркылуу, андан чыгуучу чыңалууну 0 дөн 220 вольтко чейин өзгөртүүгө болот.

Эгерде лабораториялык шарттарда турактуу чыңалууну алуу керек болсо, анда аккумуляторлорду же түзөткүчтөрдү пайдаланышат. Түзөткүчтөр менен бирге ЛАТРды (же чыңалуу бөлгүчтөрдү) колдонуу турактуу чыңалууну белгилүү чекте өзгөртүүгө (көбөйтүүгө же азайтууга) мүмкүндүк берет.

Электр энергиясын керектөөчүлөр катары, мисалы, *кызытма лампалар* жана *реостаттар* колдонулган учурларда, алар аркылуу өткөн электр энергиясы жарык жана жылуулук энергияларына айланат. Кыймылдуу контагын жылдыруу аркылуу реостаттын каршылыгын нөлдөн кайсы-бир максимумга чейин өзгөртүүгө болот. Ар бир реостатка бекитилген табличкада анын номиналдык каршылыгы жана номиналдык ток көрсөтүлөт. Бирок, реостаттын каршылыгынын чыныгы мааниси анын номиналдык маанисинен 10-20%га көп же аз болуп калышы мүмкүн экендигин эске алуу зарыл. Реостатты чынжырга



удаалаш кошуу (тутааштыруу) менен ал чынжырдын каршылыгын белгилүү чекте өзгөртүүгө мүмкүнчүлүк алабыз. Ал эми чынжырга жарыш кошулган реостат керектөөчүдөгү (нагрузкадагы) чыңалууну нөлдөн ток булагынын толук чыңалуусуна чейин өзгөртүүгө мүмкүндүк берет, б.а. чыңалуу бөлгүчтүн кызматын аткарат. Өз ара жарыш туташтырылган кызытма лампаларды да реостат катары колдонууга болот. Мындай реостаттагы лампалардын саны канчалык көп болсо, анын каршылыгы ошончолук аз болот. Бул учурда каршылыкты баскычтуу түрдө гана өзгөртө алабыз, бул жагдай лампалык реостаттардын чоң кемчилиги катары эсептелет. *Конденсаторлорду* да керектөөчү катары колдонууга болот. Аларды өз ара жарыш туташтырганда конденсаторлордун сыйымдуулугу көбөйөт.

Электр энергиясын керектөөчүлөрдөн дагы бири - *индуктивдүүлүк түрмөгү* (катушкасы). Анын индуктивдүүлүгүн түрмөктү ферромагниттик өзөкчөгө салыштырмалуу жылдыруу аркылуу өзгөртүүгө болот. Түрмөктөгү оромдордун саны канчалык аз болсо жана ал өзөкчөдөн канчалык алыс жайгашса, анын индуктивдүүлүгү да ошончолук аз болот.

Электр чынжырын ашыкча токтон жана чукул туташуулардан коргоо үчүн *автоматтык ажыраткычтарды* же эригич *сактагычтарды* колдонушат (лабораториялык иштердин схемаларында алар көрсөтүлбөйт). Өткөргүчтөр кокусунан өз ара чукул туташкан кезде сактагычтар секунданын жүздүк үлүштөрүнүн ичинде эрип үзүлүп, электр чынжырын ток булагынан ажыратууга үлгүрүшү керек. Бул убакыттын ичинде чынжырдын башка элементтери кызып кетүүгө үлгүрүшпөйт.

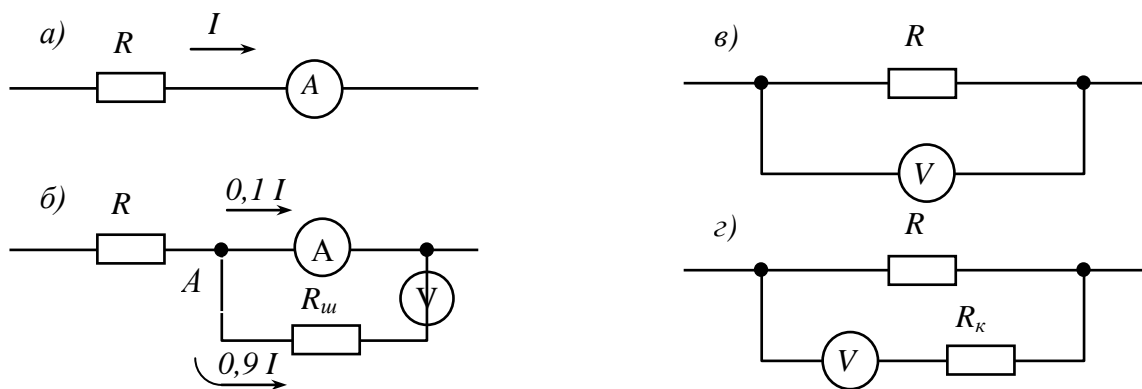
Электр чынжырларынын иштөөсүн көзөмөлдөө жана изилдөө үчүн кызмат кылуучу көптөгөн *электр өлчөгүч приборлор* белгилүү. Аларга коюлуучу талаптар, электр өлчөгүч куралдардын иштөө принциптери жана түзүлүштөрү тууралуу маалымат А.Абдылдаев, М.Нурагуновдордун «Электр боюнча практикум» (Ф., 1970) аттуу окуу колдонмосунда кеңири берилген [4]. Приборлор кыймылсыз кутуга (щитке) орнотулуучу жана ташылма (көтөрүп жүрүүчү), турактуу токту же өзгөрүлмө токту өлчөөгө ылайыкташкан болуп бөлүнүшөт. Алардын шкаласы бир же көп чектүү (пределдүү) өлчөөгө эсептелиши жана түрдүү конструкциялык өзгөчөлүктөргө ээ болушу мүмкүн.

Электромагниттик энергияны механикалык энергияга өзгөртүп түзүүнүн жолу боюнча өлчөгүч приборлор магнитоэлектрдик, электромагниттик, электродинамикалык ж.б болуп бөлүнүшөт. Магнитоэлектрдик приборлорду турактуу токтогу өлчөөлөр үчүн гана пайдаланышат, ал эми электромагниттик, электродинамикалык жана

электрондук приборлор турактуу токто да, өзгөрүлмө токто да иштей алышат.

Окуу лабораторияларында алардын айрымдары гана, мисалы амперметрлер, миллиамперметрлер, вольтметрлер ж.б. кеңири колдонулушат. Ошондуктан аларды чынжырга туташтыруунун өзгөчөлүктөрүнө, өлчөнүүчү чоңдуктардын сандык маанилерине жараша өзгөртүп колдонуунун жолдоруна кененирээк токтололу.

*Амперметр* менен чынжырдагы токтун күчүн өлчөшөт. Чынжырдын кайсы-бир бөлүгү же, б.а. кайсы-бир *керектөөчү* аркылуу өтүп жаткан токтун чоңдугун аныктоо керек болсо амперметрди ал керектөөчүгө удаалаш туташтырышат. Керектөөчү катары резистор, электр лампасы, коңгуроо, электр кыймылдаткычы жана башка түрдүү электр приборлору кызмат кылышы мүмкүн. Бул учурда керектөөчүдөн кандай ток өтүп жатса, амперметр аркылуу да ошол эле чоңдуктагы ток өтөт (1-сүрөт, а). Амперметрдин иштөөсү токтун механикалык аракетинен негизделгендиктен ал аркылуу өтүп жаткан өлчөнүүчү токту энергиясынын кандайдыр-бир бөлүгү прибордун жебесин бурууга сарпталат. Натыйжада токту чыныгы, амперметр кошулбаган кездеги, толук мааниси өлчөнбөй калат. Ошондуктан өлчөө мезгилинде каталык аз болсун үчүн амперметрдин ички каршылыгы мүмкүн болушунча аз болгону жакшы. Аз токторду өлчөө үчүн *миллиамперметрлер* жана *микроамперметрлер* колдонулат.  $10^{-6}$  амперден төмөнкү токторду өлчөөчү курал *гальванометр* деп аталат.



1-сүрөт. Амперметрди (а,б) жана вольтметрди (в,г) электр чынжырына кошуунун (а,в) жана алардын өлчөө чегин кеңейтүүнүн (б,г) схемалары.

Прибордун жебеси шкаланын эң акырына чейин жеткен кезде көрсөткөн өлчөнүүчү чоңдуктун эң чоң мааниси прибордун *өлчөө чеги (предел)* деп аталат. Каршылыгы анчалык чоң болбогон  $R_{ш}$  резисторун ага жарыш туташтыруу менен амперметрдин өлчөө чегин чоңойтуу алууга болот. Мисалы, амперметр аркылуу чынжырдагы токту ондон

бир бөлүгү гана, ал эми калган ондон тогуз бөлүгү  $R_{ш}$  резистору аркылуу өтө тургандай кылып бул резистордун каршылыгын тандап алалы (1-сүрөт, б). Бул учурда амперметрдин өлчөө чеги 10 эсе чоңоет, анткени прибордун жебеси мурдагыдай эле шкаланын аягына чейин толук бурулсун үчүн эми чынжыр аркылуу баштапкыга салыштырмалуу 10 эсе чоң ток өткөрүү керек болот. Амперметрге жарыш кошулуучу мындай резисторлорду *шунттар* деп аташат (өзгөрүлмө токторду өлчөөдө шунттардын ордуна *өлчөгүч трансформаторлор* колдонулат). Түрдүү каршылыктарга ээ болушкан бир нече шунттарды пайдалануу менен көп чектүү амперметрди түзүүгө болот.

Жалпы учурда шунт кошулган амперметрдин көрсөтүүсү боюнча чынжырдагы толук ток төмөнкүдөй аныкталат. 1-сүрөттөн (б) амперметрди шунттоодо чынжырдагы токтуун бир бөлүгү амперметр аркылуу ( $I_A$ ), калган бөлүгү шунт аркылуу ( $I_{ш}$ ) өтөрүн көрүүгө болот:

$$I = I_A + I_{ш} . \quad (1)$$

А жана В чекиттеринин арасындагы потенциалдардын айырмасын  $U$  аркылуу белгилесек, анда Омдун законуна ылайык

$$U = I_A R_A , \text{ мында } R_A - \text{ амперметрдин каршылыгы, жана}$$

$$U = I_{ш} R_{ш} .$$

$$\text{Демек, } I_A R_A = I_{ш} R_{ш}, \text{ мындан } I_{ш} = I_A \frac{R_A}{R_{ш}} . \text{ Бул теңдемеден } I_{ш}$$

нын маанисин (1) теңдемеге койсок, анда

$$I = I_A + I_A \frac{R_A}{R_{ш}} \quad \text{же} \quad I = I_A \left( 1 + \frac{R_A}{R_{ш}} \right) = I_A n . \quad (2)$$

Акыркы барабардыктан, мисалы, шунттун каршылыгын амперметрдин ток өтүүчү оромунун каршылыгынан 9, 99 же 999 эсе аз болгудай кылып тандап алуу менен биз амперметрди мурдагыга (шунт жок кездегиге) караганда  $n = 10, 100$  же  $1000$  эсе чоң токторду өлчөөгө жарактуу кылып өзгөртө аларыбызды көрүүгө болот.

Чынжырдагы *чыңалууну (чыңалуунун төмөндөшүн же потенциалдардын айырмасын)* өлчөө үчүн *вольтметрлерди* пайдаланышат. Түзүлүшү жана иштөө принциби боюнча вольтметрлер амперметрлерге окшош, алардан ички каршылыгынын чоңдугу жана чынжырга туташтыруу жолу боюнча гана айырмаланышат. Вольтметр чынжырдын чыңалуусу өлчөнүүчү бөлүгүнө жарыш туташтырылат (1-сүрөт, в). Вольтметр электр чынжырына кошулганда, ал аркылуу да ток өтүп, өлчөнүүчү бөлүктөгү токтуун күчү өзгөрөт. Бул өзгөрүүлөр мүмкүн болушунча өтө аз болсун үчүн вольтметр аркылуу өтө аз ток өтүшү, б.а. ал чоң ички каршылыкка ээ болушу керек. Прибордун каршылыгы

канчалык чоң болсо, чыңалууну өлчөөдө каталык ошончолук аз кетирилет.

Аз чыңалууларды өлчөө үчүн *милливольтметрлер* жана *микровольтметрлер* колдонулат. Вольтметрлердин өлчөө чегин кеңейтүү аларга кошумча каршылыктарды –  $R_K$  резисторлорун удаалаш кошуу жолу менен ишке ашырылат (1-сүрөт,  $z$ ). Натыйжада вольтметрдин кыскычтарына өлчөнүүчү чыңалуунун кайсы-бир бөлүгү гана, болгондо да кошумча резистордун каршылыгы канчалык чоң болсо, ошончолук кичине бөлүгү туура келип калат. Мисалы, эгерде кошумча резистордун каршылыгы  $R_K$  прибордун ички каршылыгы  $R$  ден 9 эсе чоң болсо, анда өлчөнүүчү чыңалуунун 90%  $R_K$  резисторунда төмөндөп, вольтметрге 10%, б.а. өлчөнүүчү чыңалуунун ондон бир бөлүгү гана туура келет. Өлчөнүүчү чыңалуунун маанисин билүү үчүн эми вольтметрдин көрсөтүүлөрүн 10 го көбөйтүү керек болот, анткени ал кошумча резистору жок прибордун өлчөө чегине салыштырганда 10 эсе чоң чыңалууларды өлчөөгө жарактуу болуп калды. Бирок, бул учурда өлчөгүч куралдын чыңалууну сезгичтиги төмөндөйт.

Жалпы учурда, вольтметрдин өлчөө чегин  $n$  эсе көбөйтүү үчүн ага удаалаш кошулуучу кошумча резистордун каршылыгы төмөнкүдөй эсептелет. 1-сүрөттө ( $z$ ) көрсөтүлгөндөй  $R$  каршылыгынын учтарындагы чыңалууну (потенциалдардын айырмасын) өлчөө керек дейли. Потенциалдардын айырмасы вольтметрдин  $R_B$  каршылыгына жана ага удаалаш туташтырылган кошумча  $R_K$  каршылыкка түз пропорциялаш болуп бөлүнөт. Анда  $U = U_B + U_K$  болот.  $R_B$  жана  $R_K$  каршылыктарынан бирдей эле ток өткөндүктөн  $U_B = I R_B$ ,  $U_K = I R_K$  же

$$\frac{U_B}{U_K} = \frac{R_B}{R_K}. \quad \text{Мындан} \quad R_K = R_B \frac{U_K}{U_B} \quad (3)$$

келип чыгат.

Вольтметрдин өлчөө чегин  $n$  эсе көбөйткөн учурда өлчөнүүчү чыңалуу  $U = n U_B$  катары табылары белгилүү. Анда  $U_K = U - U_B = (n - 1) U_B$ , же

$\frac{U_K}{U_B} = n - 1$ . Муну (3) формулага койсок, анда  $R_K = R_B (n - 1)$ . Демек,

вольтметрдин өлчөө чегин  $n$  эсе көбөйтүү үчүн ага удаалаш кошулуучу кошумча каршылыктын чоңдугу прибордун каршылыгынан  $n - 1$  эсе чоң болууга тийиш.

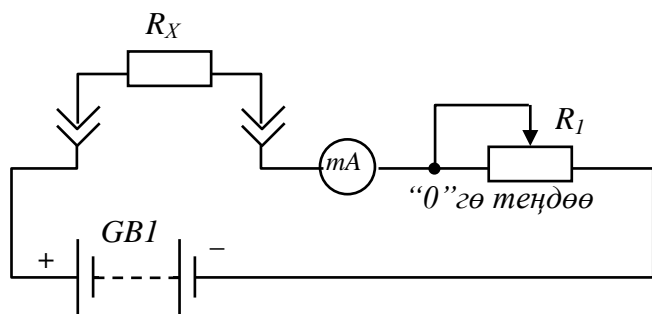
Бир нече кошумча каршылыктарды жана шунттарды түрдүүчө туташтыруу менен токтун күчүн жана чыңалууну өлчөй алуучу көп пределдүү универсалдык куралдарды жасоого болот.

Өзгөрүлмө токту жана чыңалууну өлчөө үчүн турактуу токту өлчөөдө колдонулган приборлор кошумча түзөтүүчү түзүлүштөр менен

жабдылышат. Бул приборлор өзгөрүлмө токтун күчүнүн жана чыңалуусунун аракет этүүчү (эффeктивдүү) маанисин катташат.

Каршылыктарды өлчөө үчүн омметрлерди колдонобуз. Алар токтун булагынан, резисторлордун тобунан жана микроамперметрден турат. Өтө жөнөкөй омметрдин схемасы 2-сүрөттө көрсөтүлдү. Анын чынжырына каршылыгы белгисиз болгон  $R_x$  резисторун кошкондо чынжыр аркылуу чоңдугу  $R_x$  каршылыгына тескери пропорциялаш болгон ток өтө баштайт.

Чексиз чоң ( $R_x$  бир нече мегаОм) каршылыкка ээ болгон керектөөчү кошулганда прибордун жебеси дээрлик жылбайт, анткени



2-с\р\ьт

бул учурда чынжырдан ток өтпөйт, б.а.  $I = 0$ . Ал эми каршылыгы “жок” кезде ( $R_x = 0$ ), б.а. каршылыгы дээрлик нөл болгон керектөөчүгө

кошулган же клеммалары өз ара чукул туташтырылган прибор аркылуу эң чоң ток өтөт да, жебе шкаланын акырына чейин бурулат. Каршылыгы нөл менен чексиздин аралыгындагы маанилерге ээ болушкан керектөөчүлөр омметрдин жебесин өлчөөчү прибордун шкаласынын чегинде жылдырат.

Омметрдин курамындагы микроамперметрдин шкаласын түздөн-түз Омдордо жана килоОмдордо даражалоого болот. Бул учурда резистор аркылуу өтүүчү максималдык токко туура келген шкаланын нөлү анын оң тарабында жайгашып калат. Ошондуктан мындай шкаланы пайдаланып каршылыктарды өлчөө оңдон солду көздөй жүргүзүлөт.

Омметрдин жардамында каршылыктарды өлчөөнү баштаардан алдың прибордун жебесин нөлгө туурулап (б.а. приборго кирүү каршылыгын нөлгө барабарлап) алуу керек болот. Анткени убакыттын өтүшү менен ток булагынын (GB1) электр кыймылдаткыч күчү азайып барат, ошондуктан омметрге кошулган каршылык нөлгө тең болсо (б.а. прибордун клеммалары өз ара чукул туташтырылса) да микроамперметрдин жебеси шкаланын акырына чейин толук жылбайт. Прибордун жебесин нөлгө коюп алуу үчүн  $R_1$  өзгөрүлмө резисторунун каршылыгын азайтышат (2-сүрөттү карагыла). Түрдүү чоңдуктагы каршылыктарга ээ болушкан шунттарды микроамперметрге жарыш

кошуу аркылуу резисторлордун каршылыктарын Омдордо, килоОмдордо жана мегаОмдордо өлчөй алабыз.

*Универсалдуу электр өлчөгүч приборлор* турактуу жана өзгөрүлмө токтун чынжырларындагы токтун күчүн жана чыңалууну, ошондой эле каршылыкты өлчөөгө арналышат. Мындай приборлордун негизин микроамперметр түзөт. Шунттардын жана кошумча каршылыктардын топтомунун жардамында аны өлчөнүүчү чоңдуктардын керектүү чегине ээ болгон амперметрге, вольтметрге же омметрге айландырып алууга болот. Мындай приборду *тестер*, *мультиметр* же *авометр* (ампервольтметрдин кыскача айтылышы) деп аташат. Өнөр жайында түрдүү максаттарга ылайыкташкан жана түрдүү конструкциядагы мультиметрлер чыгарылат. Акыркы мезгилдерде санариптик электр өлчөгүч приборлор колдонула баштады.

Ар бир лабораториялык иштин баяндамасында тажрыйба жүргүзүүнүн ирети жана керектүү приборлордун жана жабдуулардын тизмеси келтирилет. Электр чынжырын жыйноого (түзүүгө) киришүүдөн алдың керектүү өлчөгүч приборлорду туура тандап алуу зарыл. Приборлорду тандоодо алардын тибин, өлчөө пределин, токту тегин, тактык классын эсепке алуу керек. Ар кандай, өтө жакшы деп саналган прибор да, өлчөгөндө кандайдыр бир каталык кетирет. Тактык даражасы боюнча приборлор сегиз класска (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5 жана 4) бөлүнүшөт, 0,05 тактык классына таандык приборлор өтө так өлчөөлөрдү жүргүзүүгө мүмкүндүк берет. Өлчөнүүчү чоңдук прибордун номиналдык маанисине канчалык жакын болсо, прибордун ошол чоңдукту өлчөөдөгү каталыгы ошончолук аз болот. Ошондуктан өлчөө мезгилинде жебеси шкаланын экинчи жарымында боло тургандай приборду тандап колдонгон жакшы.

Өлчөгүч приборлорду чынжырга кошуу андагы токту күчүн, айрым чыңалууларды, кубаттуулуктарды ж.б. сезилерлик даражада өзгөртүшү мүмкүн. Бул жагдай, мисалы, жогоруда сөз болгондой, амперметрлердин ички каршылыгы жетишээрлик аз, ал эми вольтметрлердики - жетишээрлик чоң болбой калышы менен түшүндүрүлөт. Мындай приборлорду чынжырга кошуу айрым учурларда токту айрым бутактарга бөлүнүшүнө, чыңалуулардын төмөндөшүнө, кубаттуулуктарга ж.б. таасирин тийгизет.

Бир типтеги приборлор бирдей каршылыктарга ээ болушат, ошондуктан чынжырда колдонуу үчүн аларга артыкчылык берген оң. Өлчөөлөрдү тагыраак жүргүзүү үчүн колдонулуучу приборлордун каршылыгын эсепке алып, чоңдуктардын өлчөнгөн маанилерине тиешелүү түзөтүүлөрдү киргизүү зарыл. Мындай учурларда шкалаларында ички каршылыгы же кыймылдуу системаны толук

буруучу ток күчү, айрым учурларда номиналдуу ток өткөндө прибордогу чыңалуунун төмөндөшү көрсөтүлгөн ташылма приборлорду колдонушат.

Өлчөөлөрдү баштаардан алдың прибордун шкаласындагы бөлүктөрүнүн наркын (удаалаш эки сызыктын арасындагы өлчөнүүчү чоңдук аркылуу туюнтулган аралыкты) аныктап алуу керек. Аны эки жол менен эсептөөгө болот.

Бир кыйла жөнөкөй, биринчи жолду прибордун шкаласында өлчөнүүчү чоңдуктун маанисин туюнтуучу санариптер (цифралар) жазылган кезде колдонушат. Бул учурда бөлүктөрдүн баасы жакынкы эки коңшулаш цифралардын айрымасын алардын арасындагы бөлүктөрдүн санына бөлүү жолу менен аныкталат:

$$C = \frac{A_n - A_{n-1}}{N} .$$

Мисалы, электромагниттик системадагы амперметр 0,1,2,3,4,5А цифралары аркылуу аныкталган бөлүктөргө ээ болсун. 3 жана 4 цифраларынын арасы төрт сызыкты камтыса, б.а. беш бөлүккө бөлүнсө, анда мындагы бир бөлүктүн наркы

$$C_1 = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ A} .$$

Ал эми 1 менен 2нин арасы бир гана сызыкты камтыса, б.а. эки бөлүккө бөлүнгөн болсо, анда бул бөлүктөрдүн наркы

$$C_1 = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ A} .$$

Экинчи жолду көп пределдүү приборлор үчүн колдонушат. Бул учурда бөлүктүн наркы предел өзгөрткүч көрсөткөн чоңдуктун шкаланын эң аягында жазылган цифрага тең бөлүктөрдүн санына болгон катышы катары аныкталат:

$$C = \frac{A_{ном}}{N} .$$

Мисалы, эки пределдүү электромагниттик вольтметрдин шкаласы 150 бөлүктү камтып, 150 жана 300 вольтко чейинки чыңалууларды өлчөө пределдерине ээ болсун дейли. Анда бул вольтметрдин бөлүктөрүнүн наркы 150 вольттук предел үчүн

$$C_U = \frac{U_{ном}}{N} = \frac{150}{150} = 1 \text{ В} ,$$

ал эми 300 вольттук предел үчүн

$$C_U = \frac{300}{150} = 2 B.$$

Көп пределдуу *ваттметрлердин* бөлүктөрүнүн наркын аныктоо бир топ татаал. Ал чыналуунун жана ток күчүнүн пределдеринин көбөйтүндүсүнүн бөлүктөрдүн санына болгон катышына барабар:

$$C_P = \frac{U_{ном} \cdot I_{ном}}{N}.$$

Тез өзгөрүүчү электрдик чоңдуктарды визуалдык байкоо үчүн *электрондук осциллографтарды* колдонушат. Осциллографтарды колдонуунун эрежелери атайын колдонмолордо (прибордун паспортторунда) берилет.

Ток күчү менен чыңалуунун термелүү фазаларынын айырмасын, б.а. өз ара жылышуу бурчун *фазометрдин* жардамында өлчөшөт.

## **2. Коопсуздук техникасынын эрежелери**

Лабораториялык иштерди аткарууда аракеттенүүчү (иштеп жаткан) электрдик приборлор, курулмалар пайдаланылат. Айрым учурларда алар электр тогунан жабырлануунун булагы болуп калышы мүмкүн. Адамдын денеси электр өткөрүмдүүлүгүнө ээ болору белгилүү жана чыңалууда турган курулманын изоляцияланбаган эки элементине бир убакта тийген кезде ал адам электр чынжырынын бөлүгү болуп калат. Мунун натыйжасында адамдын денеси аркылуу өтө баштаган электр тогу анын терисин күйгүзүшү же адамдын нервдик, дем алуу жана жүрөк системаларын оор жабырлантышы мүмкүн. Ошондуктан лабораториялык иштерди аткарууда электр тогунан жабырлануу мүмкүнчүлүгүн эстен чыгарбай, коопсуздук техникасынын төмөнкү эрежелерин сөзсүз сактоо зарыл:

1. Өлчөө схемаларын чогултаардан алдың бардык ачкычтар «өчүрүлгөн» («ажыратылган») абалда, ал эми приборлордун потенциометрлеринин бурагычтары саат жебесинин айлануу багытына каршы тарапка толук буралгандыгын текшергиле.
2. Изоляциясы бузулган, өз ара уланган же учтарында атайын клеммалары (наконечник же штырь) жок өткөргүчтөрдү колдонууга болбойт.
3. Схеманы чогултуп жатканда өткөргүчтөр аркылуу уланган чекиттердеги контакттардын ишенимдүүлүгүнө өзгөчө көңүл бургула жана туташтыруучу өткөргүчтөрдүн кайчыланышына жол бербегиле.



4. Окутуучуга же лаборантка текшертмейинче чогулткан электрдик схемаларды ток булагына кошпогула.
5. Ток булагына кошулуп турган чынжырлардын бузулган жерлерин оңдоого, схемаларына өзгөртүүлөрдү киргизүүгө **тыюу салынат**.
6. Иштеп жаткан лабораториялык курулманы кароосуз калтырып, жумуш ордуна кетип калууга **тыюу салынат**.
7. Иштеп жаткан лабораториялык жабдуулар, приборлор кокус бузулса же кандайдыр-бир кокустук болсо лабораториялык курулманы ошол замат ток булагынан ажыраткыла, жабырланган адамга биринчи медициналык жардам көрсөткүлө жана болгон окуяны окутуучуга же лаборантка билдиргиле.

### ***3. Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун эрежелери***

Жалпы физика курсунун электромагнетизм бөлүмү боюнча лабораториялык жумуштарды аткаруу студенттен өзгөчө тыкан даярдыкты, чеберчиликти жана жоопкерчиликти талап кылат. Анткени, жогоруда белгиленгендей, ишти аткаруу учурунда студент жогорку чыңалуудагы жана адам өмүрүнө зыян келтиргендей өлчөмдөгү ток өтүүчү приборлор, өткөргүчтөр жана башка жабдууларды пайдаланат. Ошондуктан, эң ириде, баяндаманы жана керектүү кошумча адабияттарды шашпай талдап окуп чыгууга, аткарылуучу иштин максатын, аны жүзөгө ашыруунун усулун (же усулдарын), колдонулуучу приборлорду тандоого коюлуучу талаптарды так, толук түшүнүүгө аракет жасагыла. Түшүнбөгөн жерлериңерди дептериңерге жазып алып, сабактын башталышында окутуучудан же лаборанттан сурап билип алгыла.

Тигил же бул лабораториялык ишке даярданууда ал иштин баяндамасынан жана окуу китептеринен сырткары тиешелүү окуу видеофильмдерин көрүп чыгуу өзгөчө пайдалуу болорун белгилеп кетмекчибиз. Кафедранын окуу лабораториялары Россияда даярдалган көптөгөн жаңы видеофильмдер менен камсыздалган, алардын катары жыл сайын толукталып турат. Физика курсунун электромагнетизм бөлүмүнө тиешелүү видеофильмдердин тизмеси Т12-тиркемеде берилди. Ал жана башка видеофильмдерди университеттин видеотекасынан да алып көрсөнөр болот.

Ишти баштардан алдың лабораториялык курулманын курамына кирүүчү приборлор, өлчөгүч куралдар, алардын электрдик схемалары, параметрлери, иштөө шарттары жана өз ара туташтыруучу кабель-өткөргүчтөрдүн абалы менен таанышып чыккыла.

Теориялык даярдыгыңарды жана алгачкы практикалык машыгууңарды окутуучуга же лаборантка көрсөтүп, ишти баштоого уруксат алгыла.

Лабораториялык сабактын убактысын туура, натыйжалуу пайдаланууга аракеттенгиле. Ал үчүн берилген убакытты иштин этаптарына болжолдуу бөлүштүрүп, сактоого көнгүлө. Мисалы, сабак башталгандан кийин курулма, схема менен таанышууга, уруксат алууга – 10-15 мүнөт, курулманы түзүүгө, алгачкы сыноого – 10 мүнөт, көнүгүү-тапшырмаларды бир нече жолу кайталап аткарууга – 30-50 мүнөт, алынган маалыматтарды таблицага жайгаштырып, эсептөөлөрдү жүргүзүүгө, график чийүүгө жана тыянак чыгарууга – 20 мүнөт, отчет тапшырууга – 10 мүнөт. Айрым тапшырмалар узак убакытты, демек, өзгөчө пландаштырууну талап кылат.

Сабактын (2 паранын) аягына чейин иштин бардык тапшырмаларын аткарып жыйынтыгын чыгарууга жана отчетун тапшырууга үлгүрүү зарыл. Айрым техникалык себептерге байланыштуу ишти аягына чыгарууга мүмкүн болбой калса, сабактан кийин толуктап аткарып, кийинки сабактын башталышында отчетту сөзсүз тапшырууга аракет кылгыла. Лабораториялык иштерди аткаруу удаалаштыгы студенттердин ар бир түгөйү үчүн алдын-ала түзүлгөн графикке ылайык жүргүзүлөт.

***Иштин отчету*** төмөнкү маалыматтарды камтышы зарыл:

*Лабораториялык иштин* катар номери, аталышы

- Максаты
- Аткаруу усулу (усулдары)
- Колдонулуучу приборлор, өлчөгүч куралдар жана алардын параметрлери
- Керектүү электрдик схемалар, курулмалардын блок-схемалары
- Эсептөөлөр үчүн колдонулуучу жумушчу формулалар

*Тажрыйбалардын натыйжалары:*

- Таблицалар
- Графиктер
- Тыянактар

*Суроолорго жооптор.*

*Датасы:* башталган күнү, отчет тапшырган күн.

## 1. Өткөргүчтөрдүн электрдик каршылыгын аныктоо

**Иштин максаты:** Өткөргүчтөрдүн электрдик каршылыктарын аныктоо усулдарын өздөштүрүү. Өткөргүчтүн каршылыгынын анын температурасынан көз карандылыгын изилдөө.

**Иштин жабдылышы:** Каршылыкты өлчөөгө арналган FPM-01 (Польша) курулмасы, турактуу токтун көпүрөсү, бирлештирилген приборлор (АВОметр, тестер, мультиметр), термометр, электр ысыткычы, пробирка, каршылыгы белгисиз өткөргүчтөр.

### *Иштин кыскача теориясы*

Эгерде өткөргүчтүн абалы турактуу сакталса (мисалы, анын температурасы, ж.б. параметрлери өзгөрбөсө), анда ар бир өткөргүчтүн учтарына берилген чыңалуу менен ал аркылуу өтүп жаткан ток күчүнүн ортосунда бир маанилүү көз карандылык жашайт:  $I = f(U)$ . Бул көз карандылык ушул өткөргүчтүн *вольт – ампердик мүнөздөмөсү* деп аталат.

Көпчүлүк өткөргүчтөр, өзгөчө металлдар үчүн, бул көз карандылык өтө жөнөкөй – *токтун күчү берилген чыңалууга түз пропорциялаш*:

$$I = \Lambda U . \quad (1.1)$$

Бул тыянак **Омдун закону** деген аталышка ээ. Мындагы  $\Lambda$  (грек тамгасы - чоң *лямда* деп окулат) пропорциялаштык коэффициенти өткөргүчтүн *электр өткөрүмдүүлүгү*, ал эми ага тескери болгон чоңдук – өткөргүчтүн *электрдик каршылыгы* деп аталат. Эгерде өткөргүчтүн каршылыгын  $R$  тамгасы аркылуу белгилесек, анда

$$\Lambda = \frac{1}{R} \quad \text{жана} \quad I = \frac{U}{R} . \quad (1.2)$$

Өткөргүчтүн электр өткөрүмдүүлүгүнүн жана каршылыгынын чоңдугу өткөргүч жасалган заттын тегинен, анын геометриялык өлчөмдөрүнөн жана формасынан, ошондой эле өткөргүчтүн абалынан көз каранды. Цилиндр формасындагы туурасынан кесилиши турактуу өткөргүчтөрдүн (зымдын) каршылыгы

$$R = \rho \frac{l}{S} , \quad (1.3)$$

мында  $l$  - өткөргүчтүн узундугу,  $S$  - анын туурасынан кесилиш аянты, ал эми  $\rho$  - пропорциялаштык коэффициенти заттын тегинен жана

абалынан көз каранды чоңдук жана ал берилген заттын *салыштырма каршылыгы* деп аталат. Салыштырма каршылыкка тескери болгон чоңдукту заттын *салыштырма электр өткөрүмдүүлүгү* ( $\gamma$ ) деп аташат.

Каршылыктын бирдиги - *Ом*, ал эми электр өткөрүмдүүлүгүнүн бирдиги *тескери Ом* ( $\text{Ом}^{-1}$ ). Учтарына  $1\text{ В}$  чыңалуу берилгенде чоңдугу  $1\text{ А}$  болгон ток өткөрүүчү өткөргүчтүн каршылыгы  $1\text{ Ом}$  го барабар деп кабыл алынат:

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

Каршылыктын  $1\text{ Омдук}$  эталону үчүн узундугу  $106,3\text{ см}$  жана туура кесилиш аянты  $1\text{ мм}^2$  болгон сымап мамычасынын  $0^\circ\text{С}$  кезиндеги каршылыгы кабыл алынган.

Чоң каршылыктарды өлчөө үчүн *килоОм* ( $\text{кОм}$ ), *мегаОмдор* ( $\text{МОм}$ ) колдонулат:

$$1\text{ кОм} = 10^3\text{ Ом}, \quad 1\text{ МОм} = 10^6\text{ Ом}.$$

Салыштырма каршылыктын бирдиги  $\text{Ом} \cdot \text{м}$ . Практикада көбүнчө  $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$  бирдиги колдонулат. Эгерде (1.3)–туюнтмада  $l=1, S=1$  десек, анда  $R = \rho$ . Демек, *заттын салыштырма каршылыгы* – ошол заттан жасалган узундугу  $1\text{ м}$  жана туурасынан кесилиши  $1\text{ мм}^2$  болгон өткөргүчтүн *Ом менен туюнтулган каршылыгын көрсөтөт*.

Салыштырма каршылык заттын тегинен гана көз каранды болбостон, анын абалынан, жекече учурда, анын температурасынан да көз каранды. Салыштырма каршылыктын температурадан көз карандылыгын берилген заттын каршылыгынын *температуралык (термикалык) коэффициенти* аркылуу мүнөздөөгө болот:

$$\alpha = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt}. \quad (1.4)$$

Бул чоңдук заттын температурасы бир градуска өзгөргөн кездеги анын каршылыгынын салыштырмалуу өзгөрүшүн көрсөтөт.

Берилген заттын каршылыгынын термикалык коэффициенти түрдүү температураларда түрдүүчө маанилерге ээ болот. Бул факт салыштырма каршылык температурага жараша сызыктуу закон боюнча өзгөрбөйт, анын температурадан көз карандылыгы татаал мүнөздө дегенди билдирет.

Бирок көпчүлүк өткөргүчтөр, алардын ичинде бардык металлдар үчүн температурага жараша  $\alpha$  нын өзгөрүүсү өтө кичине. Ошондуктан температуранын өзгөрүшүнүн жетишерлик кичине интервалдарында  $\alpha$  ны жакындаштырып турактуу - температуранын ушул интервалындагы орточо маанисине барабар деп эсептөөгө болот. Мисалы, эгерде

өткөргүчтүн  $0^{\circ}\text{C}$  кезиндеги салыштырма каршылыгы  $\rho_0$ , ал эми  $t^{\circ}\text{C}$  дагы анын мааниси  $\rho$  болсо, анда

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \cdot t) \quad (1.5)$$

деп жаза алабыз. (1.3)-формуланы пайдаланып, жогоруда сөз болгон шарттарда, өткөргүчтүн каршылыгынын температурадан көз карандылыгы үчүн

$$R = R_0(1 + \alpha \cdot t) \quad (1.6)$$

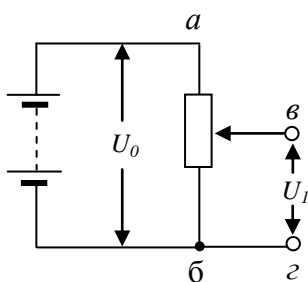
туюнтмасына ээ болобуз, мында  $R_0$  - өткөргүчтүн  $0^{\circ}\text{C}$  дагы каршылыгы,  $R$  - анын  $t^{\circ}\text{C}$  дагы каршылыгы.

Каршылыктын термикалык коэффициенти оң да, терс да болушу мүмкүн. Температуранын жогорулашы менен бардык металлдардын каршылыгы өсөт, демек, металлдар үчүн  $\alpha > 0$ . Көпчүлүк жарым өткөргүчтөрдүн (жок дегенде температуранын белгилүү интервалында) жана электролиттердин каршылыгы алардын температурасы жогорулаганда азаят, ошондуктан алардын  $\alpha < 0$ . Айрым куймалардын, мисалы, константандын  $\alpha$  сы өтө кичине. Ошондуктан мындай куймалардан жасалган өткөргүчтөрдү каршылыктардын так үлгүлөрүн (*эталондорун*) жасоо үчүн колдонушат.

Каршылыктардын айрым мүнөздүү колдонулуштарын да белгилей кетели.

Жогоруда “Усулдук кеңештер” бөлүмүндө сөз болгондой, каршылыктар өлчөгүч куралдардын (амперметр, вольтметр ж.б.) өлчөө диапозонун өзгөртүү үчүн кеңири колдонулушат.

Техникада колдонуу максатында өнөр жайларында түрдүү номиналдагы стандарттуу каршылыктарды – *резисторлорду* жасап чыгарышат. Зымдан ар кандай каршылыктарды жасоо үчүн



1.1-сүрөт. Чыңалуу бөлгүчтүн электрдик схемасы.

практикада жөнөкөй (1.3)–көз карандылыктан пайдаланышат. Ал эми каршылыкты тажрыйбанын жүрүшүндө өзгөртүү керек болсо, анда бир контакты жылып жүрүүчү *реостатты* колдонгон оң. Токтун чынжырына реостат оромунун бир учу

жана жылуучу контакт аркылуу уланат.

1.1-сүрөттө чыңалуу бөлгүчтүн схемасы көрсөтүлгөн. Эгерде реостаттын оромунун  $a$  жана  $б$  учтарынын арасындагы чыңалуу  $U_0$  болсо, анда кошулбаган  $в$  жана  $з$  чекиттеринин арасында түзүлүүчү чыңалуу:

$$U_1 = U_0 \frac{R_1}{R}, \quad (1.8)$$

мында  $R$  - реостаттын толук каршылыгы, ал эми  $R_1$  - реостаттын  $b$  кыскычы менен жылуучу контактынын арасындагы бөлүгүнүн каршылыгы. Көпчүлүк электрондук приборлордогу жөнгө салгыч бурагычтардын (*потенциометрлердин*) иштөөсү, эң биринчи кезекте, андагы каршылыктын өзгөртүлүшүнө негизделет. Каршылыктын өзгөрүшү, өз кезегинде, чынжырдагы токту күчүн же чыңалууну өзгөртөт. Бул өзгөрүүлөрдүн баары, акыры келип, биз каалаган чоңдукту (мисалы, үндүн бийиктигинин, экрандын жарыктыгынын ж.б.д.у.с.) өзгөртүлүшүнө алып келет.

Каршылыктын температурага көз карандылыгын үйрөнүүнүн эксперименталдык физикада жана техникада мааниси өтө чоң. Анткени, мисалы, металлдардын каршылыгынын температурадан көз карандылыгын түрдүү өлчөөчү жана автоматташтырылган түзүлүштөрдө колдонушат. Алардын маанилүүлөрүнүн бири болуп *каршылык термометри* эсептелет. Ал көпүрө схемасына ийиндердин бири катары кошулган платина зымынан жасалган каршылык түрүндө болот. Платинанын каршылыгы убакыттын өтүшү менен дээрлик өзгөрбөйт жана температуранын кеңири интервалында жакшы изилденген. Ошондуктан платина зымынын каршылыгын өлчөө аркылуу анын температурасын да өтө так аныктоого болот. Кадимки суюктук термометрлеринен айырмаланып каршылык термометрлерин өтө төмөнкү жана өтө жогорку температураларды өлчөө үчүн колдоно берүүгө болот. Өтө төмөнкү температураларда ( $T \leq T_c$ , мында  $T_c$  - заттын жогорку өткөрүмдүү абалга өтүү температурасы) айрым заттардын электрдик каршылыгы таптакыр жоголот ( $R \Rightarrow 0$ ), алар *жогорку өткөрүмдүү* абалга өтүшөт.

Аягында, дагы бир маанилүү жагдайды эскерте кетели. (1.1)–Омдун закону жана (1.3)–формула токту түтүкчөлөрү (агымы) туурасынан кесилиши турактуу, цилиндр формасында болгон учурлар үчүн гана токту күчүн жана каршылыкты аныктоого мүмкүндүк берет. Ал эми токту түтүкчөлөрү цилиндр формасынан айырмаланган чөйрөлөрдөгү токту эсептөө үчүн

$$\vec{j} = \gamma \vec{E} \quad (1.9)$$

туюнтмасын пайдалануу ыңгайлуу, мында  $\vec{j}$  - токту тыгыздыгы,  $\gamma$  - чөйрөнүн салыштырма электр өткөрүмдүүлүгү,  $\vec{E}$  - өткөргүчтөгү электр талаасынын чыңалышы. Бул формула Омдун законунун *дифференциалдык формасы* деп аталат. (1.1)–Омдун законунун

интегралдык формасынан айырмаланып (1.9)–формуладагы чоңдуктардын баары чөйрөнүн бир гана чекитиндеги электрдик абалды мүнөздөшөт.

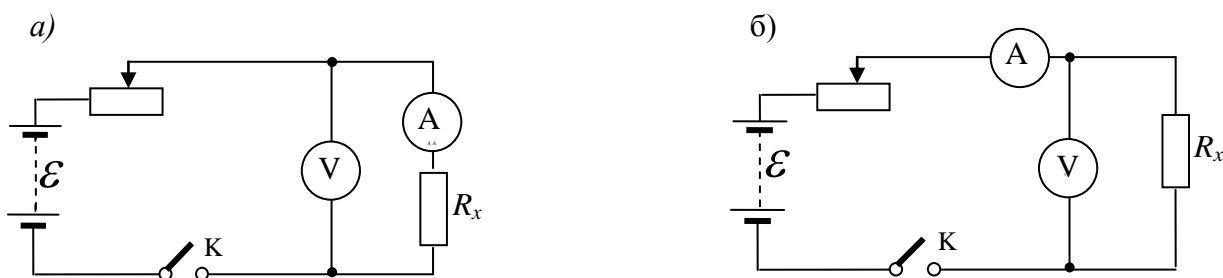
### Каршылыктарды өлчөө

Күндөлүк практикада электр чынжырынын айрым элементтеринин каршылыгын, жердештирүүнүн каршылыгын, электрдик курулмалардын, машина жана аппараттардын изоляциясынын каршылыктарын өлчөөгө туура келет.

Электрдик каршылыктарды өлчөөнүн түрдүү методдору белгилүү. Алардын ичинен эң эле жөнөкөйү болуп амперметр жана вольтметрдин көрсөтүүсү боюнча каршылыкты аныктоо эсептелет.

**Амперметр жана вольтметр методу** Омдун  $R_x = \frac{U}{I}$  законун колдонууга негизделген, мында  $R_x$  - өлчөнүүчү каршылык,  $U$  - бул каршылыктын учтарындагы чыңалуу,  $I$  - каршылык аркылуу өтүп жаткан токтуң күчү.

Мына ошентип, берилген каршылык аркылуу өтүп жаткан токтуң күчүн жана андагы чыңалууну өлчөө менен ал каршылыктын маанисин аныктап алууга болот.



1.2-сүрөт. Өткөргүчтөрдүн электрдик каршылыгын аныктоонун вольтампердик методунун схемалары

Амперметр жана вольтметрдин жардамында каршылыктарды өлчөө үчүн приборлорду схемага эки түрдүү жол менен кошууга болот (1.2-сүрөт, а, б).

$R_x$  - каршылыгын 1.2, а-сүрөттө көрсөтүлгөн схема боюнча өлчөөдө приборлор  $U = U_x + U_A$ ,  $I = I_x$  ти көрсөтүшөт, мында  $U_x$  - чыңалуунун  $R_x$  каршылыгындагы төмөндөшү,  $U_A = I_A R_A$  - чыңалуунун амперметрдеги төмөндөшү.

Приборлордун бул көрсөтүүлөрүн өз ара бөлүп, төмөнкүгө ээ болобуз:

$$\frac{U}{I} = \frac{U_X + U_A}{I_X} = \frac{U_X}{I_X} + \frac{U_A}{I_X} = R_X + R_A = R'_X. \quad (1.10)$$

Өлчөөнүн абсолюттук ( $\Delta R_X$ ) жана салыштырма ( $\gamma$ ) каталыктарын аныктайлы:

$$\begin{aligned} \Delta R_X &= R'_X - R_X = R_A, \\ \gamma_1 &= \frac{\Delta R_X}{R_X} \cdot 100\% = \frac{R_A}{R_X} \cdot 100\%. \end{aligned} \quad (1.11)$$

Демек, каталык амперметрдин  $R_A$  каршылыгына түз, ал эми  $R_X$  ке тескери пропорциялаш. Мына ошентип, *1.2, а -сүрөттөгүдөй схеманы  $R_A \ll R_X$  болгон учурларда, б.а. чоң каршылыктарды өлчөөдө колдонуу максатка ылайыктуу.*

Ал эми өлчөөлөрдү *1.2, б -сүрөттө көрсөтүлгөн схема боюнча жүргүзгөн кезде приборлор  $U = U_X$ ,  $I = I_X + I_B = \frac{U_X}{R_X} + \frac{U_X}{R_B}$  ны көрсөтөт,*

мында  $R_B$  - вольтметрдин каршылыгы.

Приборлордун көрсөтүүлөрүн өз ара бөлөлү:

$$\frac{U}{I} = \frac{U_X}{I_X + I_B} = \frac{U_X}{U_X/R_X + U_X/R_B} = \frac{R_X \cdot R_B}{R_X + R_B} = R''_X. \quad (1.12)$$

Бул учурдагы абсолюттук ( $\Delta R_X$ ) жана салыштырма ( $\gamma$ ) каталыктар тиешелүү түрдө:

$$\begin{aligned} \Delta R_X &= R''_X - R_X = \frac{-R_X^2}{R_X + R_B}, \\ \gamma_2 &= \frac{\Delta R_X}{R_X} \cdot 100\% = -\frac{R_X}{R_X + R_B} \cdot 100\%. \end{aligned} \quad (1.13)$$

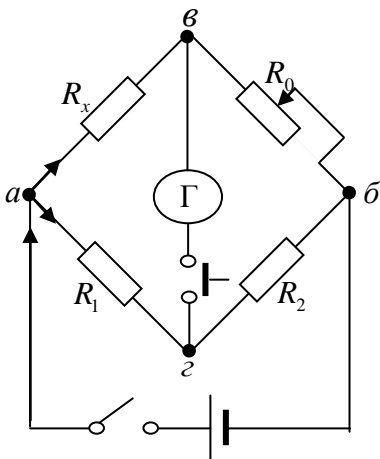
Алынган туюнтмалардан каршылыкты өлчөөнүн каталыгы  $R_X$  ке түз жана вольтметрдин  $R_B$  каршылыгына тескери пропорциялаш экендигин көрүүгө болот. Демек, *1.2, б -сүрөттөгүдөй схеманы өлчөнүүчү  $R_X$  каршылыгынын чоңдугу вольтметрдин  $R_B$  каршылыгынан бир кыйла кичине болгон учурларда, б.а. аз каршылыктарды өлчөөдө колдонуу максатка ылайыктуу.*

Амперметр жана вольтметрдин жардамы менен каршылыкты өлчөөдө жогоруда көрсөтүлгөн өзгөчөлүктөр эске алынбаса, каршылыкты эсептөөдө чоң каталыктар кетирилиши мүмкүн. Мындай жол менен өтө кичине (амперметрдин каршылыгына салыштырганда) жана өтө чоң (вольтметрдин каршылыгына салыштырганда) каршылыктарды өлчөөгө мүмкүн эмес. Бул метод менен орточо, болжол менен бир нече Омдон миллион Омго чейинки каршылыктарды өлчөөгө болот.



Жогоруда талданган методдун тактыгы амперметрдин жана вольтметрдин тактыгы менен аныкталат жана, адатта, анчалык жогору эмес (~1%). Ошондуктан каршылыктарды тагыраак өлчөө үчүн, токту жана чыңалууну өлчөөнү талап кылбаган, каршылыктарды *салыштыруу* методу колдонулат. Бул метод англиялык физик Уитстон тарабынан сунуш кылынып, *электрдик көпүрө методу* (Уитстондун көпүрөсү же, колдонулуучу чыңалуунун мүнөзүнө жараша турактуу токтун же өзгөрүлмө токтун көпүрөсү) деген аталышта белгилүү.

Каршылыкты өлчөө үчүн 1.3– сүрөттө көрсөтүлгөндөй электрдик схеманы жыйнашат. Мында  $R_0, R_1, R_2$  жана  $R_x$  - бирөөсү ( $R_x$ ) белгисиз болгон төрт каршылык,  $\Gamma$  - сезгич гальванометр. Схемадагы төрт бурчтуктун гальванометрди камтыган диагонали *көпүрөнүн* кызматын аткарат. Белгисиз каршылыктын чоңдугун аныктоо үчүн төрт бурчтуктун башка ийиндеринин каршылыктарын өзгөртүү аркылуу, гальванометр (көпүрө) аркылуу ток өтпөгүдөй абалды алышат. Бул учурда



1.3-сүрөт. Уитстондун (турактуу токтун) көпүрөсү

жана  $\mathcal{Z}$  чекиттеринде ток тармакталбагандыгын билдирет, ошондуктан  $I_x = I_0, I_1 = I_2$ . Көпүрөнүн ийиндеринин учтарындагы чыңалуу бул учурда

$$U_{ав} = I_x R_x, \quad U_{вб} = I_0 R_0 = I_x R_0,$$

$$U_{аз} = I_1 R_1, \quad U_{зб} = I_2 R_2 = I_1 R_2.$$

Гальванометр аркылуу ток өтпөгөн кезде чынжырдын  $\mathcal{B}$  жана  $\mathcal{Z}$  чекиттеринин арасындагы чыңалуу да нөлгө барабар ( $U_{\mathcal{B}\mathcal{Z}} = 0$ ).

Мындан

$$U_{ав} = I_x R_x = U_{аз} = I_1 R_1,$$

$$U_{вб} = I_x R_0 = U_{зб} = I_1 R_2.$$

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2}. \quad (1.14)$$

Акыркы туюнтмадан көпүрөнүн үч ийининин каршылыктарын билүү менен төртүнчү, белгисиз каршылыкты оңой эле аныктоого болорун көрөбүз.

(1.14) – шартын төмөнкүдөй жол менен алууга болот. Айталы,  $I_x, I_0, I_1$  жана  $I_2$  көпүрөнүн  $R_x, R_0, R_1$  жана  $R_2$  ийиндериндеги токтордун күчү болсун дейли. Гальванометр аркылуу токту өтпөй калышы ( $I_{\Gamma} = 0$ ) чынжырдын  $\mathcal{B}$

Бул барабардыктарды өз ара мүчөлөп бөлүп, (1.14)–туюнтмасына ээ болобуз.

(1.14)–формуладагы көпүрөнүн ийиндеринин каршылыгына аларды туташтыруучу зымдардын каршылыгы да кошо кирет. Ошондуктан өлчөнүүчү каршылык жана көпүрөнүн калган ийиндеринин каршылыктары аларды туташтыруучу зымдардын каршылыктарына караганда жетишерлик чоң болушу зарыл.

Турактуу токтун көпүрөлөрүндө, адатта, гальванометр жана  $R_0$  дун түрдүү чоңдуктагы маанилерин алууга мүмкүндүк берүүчү резисторлордун декадаларынын системасы чакан кутучага чогуу жайгаштырылат. Ал эми  $R_1$  жана  $R_2$  резисторлорунун ордуна кутучада алардын түрдүү катыштарын көрсөтүүчү *каршылык бөлгүчтөр* ( $N = \frac{R_1}{R_2}$ )

коюлат. Турактуу токтун көпүрөсүнүн жардамында изилденүүчү өткөргүчтүн берилген температурадагы каршылыгын өлчөө (1.14)–формулананы пайдаланууга негизделет:

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_0 = NR_0.$$

Алгач каршылыктарды бөлгүчтүн тиешелүү  $N = \frac{R_1}{R_2}$  маанисин

прибордон тандап койгондон кийин, көпүрөдөгү гальванометр аркылуу ток өтпөй тургандай шартты канааттандыруучу  $R_0$  дун мааниси аныкталат. Бул үчүн көпүрөдөгү тиешелүү баскычты (алгач «грубо», гальванометрдин жебеси нөлгө жакындаганда - «точно») басуу аркылуу гальванометрди кыска убакытка чынжырга кошобуз да, анын жебеси "0" дү көрсөткөнгө чейин  $R_0$  ду түзүүчү резисторлордун декадаларынын бурагычтарын кезеги менен (*жүздүк* → *ондук* → *бирдик* → *жана үлүштүк*) бурайбыз. Резисторлордун декадаларынын ушул учурдагы жалпы каршылыгы  $R_0$  ду берет.  $N$  ди өзгөртүп каршылыкты кайрадан өлчөө менен өлчөөнүн тактыгынын даражасынын өзгөргөндүгүн байкоого болот.

Изилденүүчү өткөргүчтүн каршылыгынын термикалык коэффициентинин температуранын кайсы бир интервалынын ичиндеги орточо маанисин аныктоо үчүн каршылыктын интервалдын башталышындагы жана акырындагы маанилерин аныктап алуу зарыл. Мисалы, (1.6)-формулананы  $t_1$  жана  $t_2$  температуралары үчүн жазалы:

$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1)$  жана  $R_2 = R_0(1 + \alpha t_2)$ . Бул туюнтмаларды бири-бирине өз ара бөлүп,  $\alpha$  нын температуранын  $t_1$  ден  $t_2$  ге чейинки интервалдагы орточо мааниси

$$\bar{\alpha} = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} \quad (1.15)$$

болорун көрөбүз.

Каршылыктарды түздөн-түз өлчөө үчүн **омметрлерди** – шкаласы каршылыктын бирдиктеринде даражаланган магнитоэлектрдик приборду колдонушат. Адатта омметрлер бир нече чоңдукту кеңири диапазондо өлчөөгө ылайыкташтырылып бир кутучага бириктирилген татаал өлчөгүч приборлордун (**АВОметр, тестер, мультиметр**) курамына кирет. Жогорку тактыкты талап кылбаган чоң каршылыктарды өлчөө (мисалы, электр чынжырларынын изоляция абалын текшерүү учурунда) үчүн **мегаомметрлерди** пайдаланышат. Акыркы мезгилдерде санариптик омметрлер да колдонула баштады.

### ***Ишти аткаруунун тартиби***

**1-тапшырма:** *Турактуу токтун көпүрөсүнүн жардамында өткөргүчтүн каршылыгын аныктоо.*

Каршылыгы аныкталуучу өткөргүч ( $R_x$ ) айнек пробиркасына оролуп, атайын электр ысыткычына жайгаштырылган. Анын эки учу ысыткычтын капкагындагы клеммаларга туташтырылган. Өткөргүчтүн температурасын көзөмөлдөө үчүн ал оролгон пробиркага суу куюлат да, ага термометр түшүрүлөт.

1. Турактуу токтун көпүрөсүнүн түзүлүшү, анын ар бир элементинин кызматы, кутучанын капкагындагы электрдик схемалар менен таанышып чыккыла.
2. Изилденүүчү ( $R_x$ ) өткөргүчтүн клеммаларын көпүрөгө туташтыргыла, анын температурасын жана каршылыгын өлчөөгө машыккыла.
3. Көпүрөдөгү каршылык бөлгүчтүн кайсы-бир маанисин тандап алгыла да өткөргүчтүн каршылыгынын берилген температурадагы маанисин аныктагыла. Ал үчүн  $R_0$ ду үч жолу кайталап өлчөп, орточо маанисин тапкыла да  $R_x = NR_0$  формуласын пайдаланып  $R_x$ ти эсептегиле.
4. Каршылык бөлгүчтүн көрсөтүүсүн өзгөртүү менен тажрыйбаларды кайталагыла жана алардын натыйжасын 1.1-таблицага түшүрүп, тиешелүү тыянактарды жасагыла.

**Өткөргүчтүн каршылыгы**

1.1-таблица ( $t = \text{ } ^\circ\text{C}$ )

№	$N = \frac{R_1}{R_2}$	$R_0, \text{ Ом}$				$R_x, \text{ Ом}$
		1	2	3	орт	
1						
2						
3						

**Тыянак:**  $N = \frac{R_1}{R_2}$  катышын чоңойткондо берилген шартта  $R_x$  ти өлчөөнүн тактыгы \_\_\_\_\_.

**2-тапшырма:** Өткөргүчтүн каршылыгынын температурадан көз карандылыгын изилдөө жана каршылыктын термикалык коэффициентин аныктоо.

1. Электр ысыткычынын жардамында пробиркага оролгон өткөргүчтү (демек, андагы сууну) улам болжол менен  $10^\circ\text{C}$  га ысытып, алардын ортосунда жылуулук тең салмактуулугу орногон кездеги температураны жана тиешелүү каршылыкты өлчөгүлө.

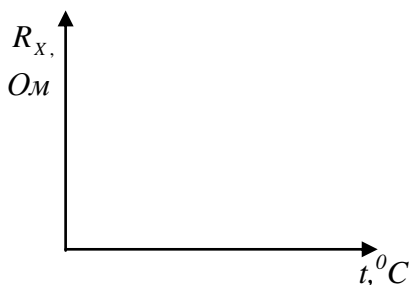
2. Өлчөөлөрдүн натыйжасын 1.2–таблицага түшүргүлө, андан пайдаланып  $R_x(t)$  көз карандылыгынын графигин тургузгула жана тиешелүү тыянак жасагыла.

*Өткөргүчтүн каршылыгынын температурадан көз карандылыгы*

$$(N = \frac{R_1}{R_2} = \text{ }, R_x = NR_0)$$

1.2 – таблица

$t, \text{ } ^\circ\text{C}$	20	30	40	50	60	70	80	90
$R_0, \text{ Ом}$								
$R_x, \text{ Ом}$								



**Тыянак:** Өткөргүчтүн каршылыгы анын температурасына \_\_\_\_\_.

3. 1.2–таблицадагы маалыматтарды пайдаланып 1.3-таблицаны

толтуруп алгыла да, (1.15)- формуланын жардамында изилденүүчү өткөргүчтүн каршылыгынын термикалык коэффициентинин температуранын түрдүү интервалдары үчүн орточо маанилерин эсептегиле.

*Өткөргүчтүн каршылыгынын термикалык коэффициенти*

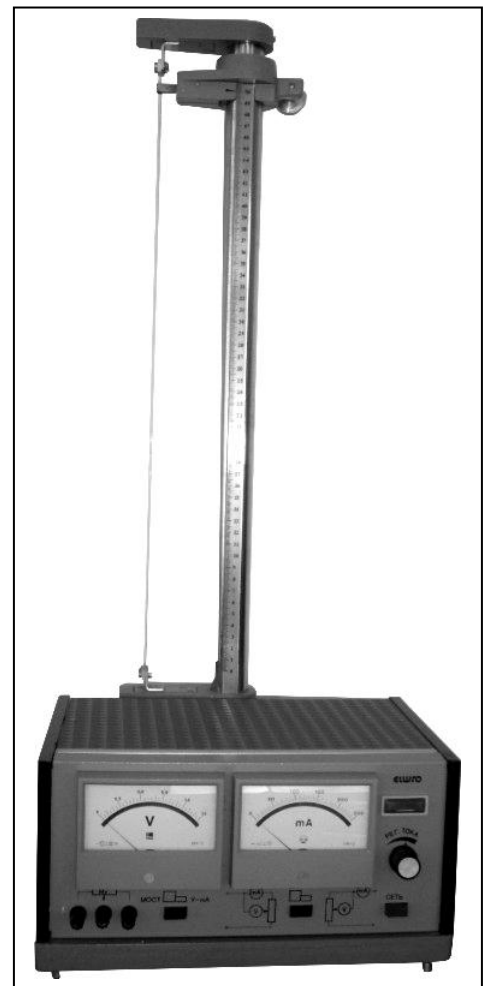
1.3-таблица

№	Интерв. баашталышы		Интервалдын аягы		$\bar{\alpha}$
	$t_1, ^\circ\text{C}$	$R_1, \text{Ом}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$R_2, \text{Ом}$	

4.  $\alpha$  нын жалпы орточосун эсептегиле да өткөргүчтөрдүн каршылыктарынын термикалык коэффициентеринин маалымдама китептердеги маанилери менен салыштырып, изилденүүчү өткөргүчтүн теги жөнүндө божомол жасагыла.

**3-тапшырма:** *Өткөргүчтүн каршылыгын амперметр-вольтметрдин жана мультиметрдин жардамында өлчөө.*

Бул тапшырма FPM-01 курулмасынын (1.4-сүрөт) жардамында аткарылат. Изилденүүчү өткөргүч приборго тик орнотулган мамычага керилген, өткөргүчтүн эки учу электр чынжырына туташтырылган. Үчүнчү кыймылдуу контакт өткөргүчтү бойлото жылып, анын каршылыгы өлчөнүүчү бөлүгүнүн узундугун өзгөртө алат. Эки жол менен схемага кошулуучу амперметр-вольтметр өткөргүчтүн төмөнкү учунан кыймылдуу контактка чейинки бөлүгүнүн каршылыгын өлчөөгө мүмкүндүк берет. Өткөргүчтүн тандалып алынган бөлүгүнүн каршылыгын Уитстондун көпүрөсүнүн же мультиметрдин жардамында да жеңил эле өлчөп алууга болот. Бир схемадан экинчисине же бир методдон башкасына өтүү прибордун панелиндеги кнопкалардын жардамында ишке ашырылат. Тапшырманы аткаруу үчүн:



1.4-сүрөт. FPM-01 курулмасы.

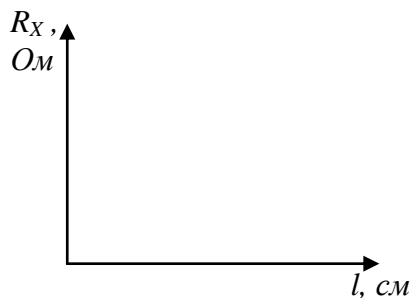
1. FPM-01 курулмасынын түзүлүшү, андагы электрдик схемалар, башкаруучу кнопкалардын, бурагычтардын жана клеммалардын кызматы менен таанышып чыккыла.
2. Жебелүү же санариптик (DT-830B) мультиметрлердин түзүлүшү, чоңдуктарды тандоо жана өлчөө диапазондору, шкалалары, чынжырга туташтыруу жолдору менен таанышкыла.
3. FPM-01 курулмасын ток булагына, турактуу токтун көпүрөсүнө ( $R_x$  символунун алдындагы биринчи жана ортоңку клеммалар аркылуу) туташтыргыла. Кыймылдуу контакты жылдырып, өткөргүчтүн каршылыгы өлчөнүүчү бөлүгүнүн узундугун 10 см барабарлап алгыла.
4. «V-mA» режиминде чынжырга амперметр-вольтметрди 1-схема боюнча кошуп приборду иштеткиле, «регулятор тока (электр тогун жөндөгүч)» бурагычынын жардамында чынжырдагы токту күчүн тандап алгыла. Амперметр-вольтметрдин көрсөтүүлөрүн 1.4-таблицага жазгыла. Приборду 2-схемага которуп, өлчөөлөрдү кайталагыла.
5. Өткөргүчтүн ошол эле бөлүгүнүн каршылыгын алгач көпүрө методунун жардамында («Мост (көпүрө)» режиминде), андан кийин мультиметрди пайдаланып өлчөгүлө да, тиешелүү чоңдуктардын маанилерин 1.4-таблицага жазгыла.
6. Өткөргүчтүн каршылыгы өлчөнүүчү бөлүгүнүн узундугун кезеги менен 20, 30, 40 жана 50 смге жеткирип, ар биринде 4-5-пункттагы өлчөөлөрдү кайталагыла. Алынган маалыматтарды 1.4-таблицага түшүргүлө. 1.10-, 1.12-формуларды жана 1.14-туюнтманы пайдаланып каршылыктарды эсептегиле.

*Өткөргүчтүн каршылыгынын түрдүү усулдардын жардамында аныкталган маанилери жана каршылыктын өткөргүчтүн узундугунан көз карандылыгы*

1.4-таблица

	<i>Амперметр-вольтметр методу</i>						<i>Көпүрө методу N=</i>		<i>Мультиметр</i>
	<i>1-схема (а)</i>			<i>2-схема (б)</i>					
<i>l</i>	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>R'_x</i>	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>R''_x</i>	<i>R_0</i>	<i>R_x</i>	<i>R_x</i>
<i>см</i>	<i>B</i>	<i>mA</i>	<i>Ом</i>	<i>B</i>	<i>mA</i>	<i>Ом</i>	<i>Ом</i>	<i>Ом</i>	<i>Ом</i>
10									
20									
30									
40									
50									

5. 1.4-таблицадагы маалыматтарды пайдаланып өткөргүчтүн каршылыгынын анын узундугунан көз карандылыгынын графигин чийгиле жана тиешелүү тыянак чыгаргыла.



**Тыянак:** \_\_\_\_\_

6. Өткөргүчтүн каршылыгын өлчөөнүн бул иште колдонулган методдорун өз ара салыштырып аларга сандык жана сапаттык мүнөздөмө бергиле.

### ***Билимди текшерүү үчүн суроолор***

1. Металл өткөргүчүнүн электрдик каршылыгынын физикалык табиятын, анын чоңдугунун өткөргүчтүн тегине жана өлчөмдөрүнө көз карандылыгын түшүндүргүлө.
2. Металлдардын, жарым өткөргүчтөрдүн жана электролиттердин салыштырма электрдик каршылыктарынын алардын температураларынан көз карандылыктарын талдагыла жана өзгөчөлүктөрүн классикалык көз караштын чегинде түшүндүргүлө.
3. Турактуу токту көпүрөсүнүн жардамында каршылыкты өлчөө жана анын температурадан көз карандылыгын изилдөө усулуна физикалык негиздөө бергиле.
4. Уитстондун көпүрөсүнүн каршылыкты өлчөө тактыгы эмнеге жараша болорун, өткөргүчтү көпүрөгө туташтыруучу зымдарга кандай талаптар коюларын көрсөткүлө.
5. Каршылыктын термикалык коэффициенти деген эмне, аны кантип аныктоого болот? Өткөргүчтөрдүн каршылыгынын температурадан көз карандылыгына негизделип иштөөчү приборлордон мисалдар келтиргиле.
6. Амперметр-вольтметрдик методдун каршылыкты өлчөө тактыгы эмнелерден көз каранды?
7. Өткөргүчтүн каршылыгын өлчөөнүн түрдүү усулдарын өз ара салыштырып, баалагыла. Мультиметрдин жардамында түрдүү өткөргүчтөрдүн каршылыктарын өлчөп көрсөткүлө.

## 2. Конденсатордун электр сыйымдуулугун аныктоо

**Иштин максаты:** Конденсатордун электр сыйымдуулугун аныктоонун усулун окуп - үйрөнүү, жалгыз конденсатордун жана өз ара удаалаш жана жарыш туташтырылган конденсаторлордун электр сыйымдуулуктарын аныктоо.

**Иштин жабдылышы:** Конденсаторлор, сыйымдуулуктар магазини, автотрансформатор, өзгөрүлмө токтуң күчүн өлчөөчү амперметр, өзгөрүлмө чыңалууну өлчөөчү вольтметр, өткөргүчтөр.

### *Иштин кыскача теориясы*

Металлдан жасалган нерселер электр зарядын өздөрүнө “сыйдыруу” касиетине ээ. Аларга берилген заряд нерсенин бетинин бардык чекиттеринде электр талаасынын потенциалы бирдей мааниге ээ болгондой, б.а. нерсенин бети эквипотенциалдык бетти түзгөндөй болуп бөлүштүрүлөт.

Мындай заряддалган өткөргүчтүн бетиндеги потенциалдын мааниси кеңири пределде анын зарядынын чоңдугуна түз пропорциялаш, ошондой эле өткөргүчтүн электр сыйымдуулугунан, б.а. формасынан жана өлчөмдөрүнөн көз каранды болору аныкталган.

Обочолонгон (жалгыз) өткөргүчтүн *электр сыйымдуулугу* деп анын зарядынын потенциалына болгон катышы аркылуу аныкталуучу чоңдукту айтабыз:

$$C = \frac{q}{\varphi}. \quad (2.1)$$

Эгерде өткөргүчкө  $dq$  элементардык зарядын бергенде анын потенциалы  $d\varphi$  ге жогоруласа, анда анын электр сыйымдуулугу

$$C = \frac{dq}{d\varphi} \quad (2.1a)$$

көрүнүшүндө аныкталат. Мындан  $d\varphi = 1V$  кезинде  $C = dq$  болорун көрөбүз, б.а. *нерсенин электр сыйымдуулугу сан жагынан анын потенциалын бир бирдикке өзгөртүү үчүн зарыл болгон заряддын чоңдугуна барабар* деп айтууга болот.

Өткөргүчтүн электр сыйымдуулугу бирдиктердин СИ системасында *Фарад* (Ф) аркылуу туюнтулат. (2.1)-формуладан

$$1\text{Ф} = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}}.$$

СГС системасындагы сыйымдуулуктун бирдиги – *сантиметр*.



$$1B = \frac{1}{300} CGC_u \quad 1Kл = 3 \cdot 10^9 CGC_q \quad \text{болорун эске алсак, анда}$$

$$1\Phi = 9 \cdot 10^{11} \text{ см}.$$

Фарад өтө чоң бирдик болуп эсептелет. Мисал катары, радиусу  $R$ , заряды  $q$  болгон шардын сыйымдуулугун эсептеп көрөлү. Мындай шардын өзүн курчап турган мейкиндикте түзгөн талаасынын чыңалышы

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{r}$$

ге барабар болгондуктан, анын потенциалы

$$\varphi = \int_R^\infty E dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R},$$

жана сыйымдуулугу

$$C = \frac{q}{\varphi} = 4\pi\epsilon_0 R.$$

Шардын радиусун  $1 \text{ см}$  деп эсептесек, анда

$$C = \frac{10^{-2}}{9 \cdot 10^9} \approx 10^{-12} \Phi.$$

Ошондуктан сыйымдуулукту адатта Фараддын үлүштүк бирдиктери – пикофарад ( $n\Phi$ ), нанофарад ( $n\Phi$ ) жана микрофарад ( $мк\Phi$ ) аркылуу туюнтушат.

Эгерде бир нече өткөргүч мейкиндиктин чектүү көлөмүндө чогуу жайгашкан болсо, анда анын ар биринин потенциалы өзүнүн гана зарядынан көз каранды болбостон, аны курчаган башка өткөргүчтөрдөгү заряддардын чоңдугунан да көз каранды болот. Ошондуктан, мындай *өткөргүчтөрдүн системасынын электр сыйымдуулугу алардын формасынан, өлчөмдөрүнөн жана өз ара жайгашуу абалдарынан да көз каранды болот* деп айта алабыз. Мындай көз карандылыкты туюнтуучу коэффициенттерди теориялык эсептөө өтө татаал математикалык маселе, адатта аларды тажрыйба жүзүндө аныкташат.

Абсолюттук мааниси боюнча бирдей, бирок белгиси боюнча карама каршы заряддарга ээ болгон жана бири-биринен диэлектриктин катмары аркылуу ажыратылган эки өткөргүчтүн ар кандай системасы *конденсатор* деп аталат. Өткөргүчтөр конденсатордун *канаттары* (калакчалары, пластиналары, обкладкалары) деп аталышат.

$q_1 = q$  жана  $q_2 = -q$  экендигин эске алсак, анда өткөргүчтөрдүн ортосунда потенциалдардын айырмасы (чыңалуу) канаттардагы зарядга пропорциялаш:

$$q = C \cdot \Delta\varphi = CU.$$

Мындан конденсатордун сыйымдуулугу

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{q}{U}, \quad (2.2)$$

жана ал конденсатордун канаттарынын геометриялык мүнөздөмөлөрүнөн жана алардын өз ара жайгашуу абалдарынан гана көз каранды болгон оң чоңдук ( $C > 0$ ). Акыркы формуладан  $U = 1B$  болгон кезде  $q = C$  болорун көрөбүз. Бул жагдай конденсатордун сыйымдуулугу анын канаттарындагы, алардын арасындагы чыңалууну  $1B$  ко жеткизген, заряддын чоңдугу аркылуу өлчөнөрүн көрсөтөт.

Көпчүлүк учурларда конденсатордун канаттарынын формасын жана алардын өз ара жайгашуусун сырткы талаалар алардын арасындагы электр талаасына сезилээрлик таасир этпегендей жана канаттардын биринен башталган талаанын күч сызыктары сөзсүз экинчисинде аяктагандай кылып тандап алышат. Мына ушул себептен конденсатордун канаттарындагы заряддар абсолюттук маанилери боюнча дайыма өз ара барабар деп айта алабыз.

Канаттарынын формасына жана өз ара жайгашуу абалына жараша *сфералык, цилиндрдик же жалпак* конденсаторлор белгилүү. Конденсатордун сыйымдуулугун эсептөө анын зарядынын чоңдугу белгилүү болгон канаттарынын ортосундагы потенциалдардын айырмасын (чыңалууну) аныктоого келтирилет. Бул маселе чечилгенден кийин сыйымдуулук (2.2)–формуласы боюнча оңой эле аныкталат.

Эсептөөлөрдөн сфералык конденсатордун сыйымдуулугу

$$C = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_1 r_2}{r_2 - r_1}, \quad (2.3)$$

мында  $r_1, r_2$  - ички жана сырткы сферанын радиустары,  $\epsilon_0$  - электрдик турактуулук,  $\epsilon$  - канаттардын арасындагы чөйрөнүн (диэлектриктин) салыштырма диэлектрдик өтүмдүүлүгү. Бийиктиги  $l$ , ички жана сырткы радиустары  $r_1$  жана  $r_2$  болгон цилиндрдик конденсатордун сыйымдуулугу

$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}, \quad (2.4)$$

жана жалпак конденсатордун сыйымдуулугу

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}, \quad (2.5)$$

мында  $S$  - конденсатордун канатынын аянты,  $d$  - алардын арасындагы аралык.

Вакуум үчүн  $\varepsilon = 1$ . Ошондуктан, жогорудагы формулалардан, канаттарынын ортосу диэлектрик менен толтурулган конденсатордун сыйымдуулугу вакуумдагыга (абадагыга) салыштырганда  $\varepsilon$  эсе көп болот деп айта алабыз.

Эгерде заряддалган конденсатордун канаттарын металл зымы аркылуу өз ара чукул туташтырсак, андан электр тогу өтүп, конденсатор разряддалат. Конденсатор разряддалган кезде өткөн электр тогу өткөргүчтө белгилүү сандагы жылуулукту бөлүп чыгарат, бул жагдай заряддалган конденсатор энергияга ээ экендигин билдирет.

$dq$  элементардык зарядын которууда электрдик күчтөрдүн аткарган жумушу

$$\delta A = Udq = CUdU$$

(мында  $U$  - разряд учурунда конденсатордун канаттарындагы чыңалуунун мааниси) болорун эске алып, энергиянын сакталуу закону боюнча конденсатордун энергиясы

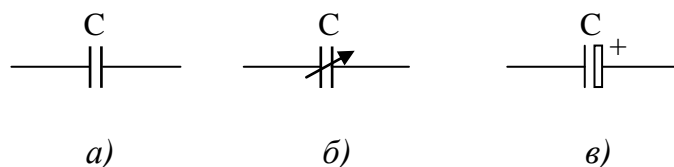
$$W = A = C \int_0^U UdU = \frac{1}{2} CU^2.$$

Чоңдуктардын ортосундагы байланышты пайдаланып

$$W = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2C} q^2 = \frac{1}{2} qU \quad (2.6)$$

деп жаза алабыз.

Конденсаторлордун энергияны өзүнө топтоо жөндөмдүүлүгү радиотехникада жана электротехникада өзгөчө мааниге ээ. Конденсатор өзгөрүлмө электр тогун өткөрүшөт (жыштыгы канчалык жогору болсо, ошончолук жакшы), ал эми турактуу токту өткөрүшпөйт. Ошондуктан алар бардык радиокабылдагычтардын термелүү контурун жөндөөдө, электрдик фильтрлерде жана автоматтык түзүлүштөрдө кеңири колдонулат. Аткаруучу кызматына жараша техникалык конденсаторлорду түрдүүчө формаларда жасашат (өтө жогорку жана тез өзгөрүүчү чыңалууларда иштөөчү атайын конденсаторлор, кагаз конденсаторлору, сыйымдуулугу өзгөрүлмө конденсаторлор, электролиттик конденсаторлор ж.б.д.у.с.).

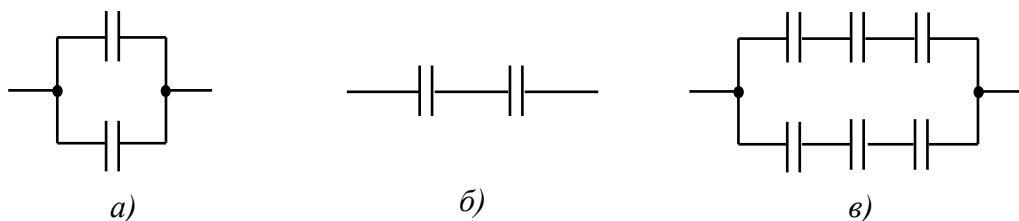


2.1-сүрөт. Сыйымдуулугу турактуу (а), өзгөрүлмө (б) жана уюлдашкан электролиттик (в) конденсаторлордун электрдик схемада белгиленishi.

Электрдик схемаларда конденсаторлор 2.1-сүрөттөгүдөй символ (а) аркылуу белгиленет. Сыйымдуулугу өзгөрүлмө конденсаторлор (б), ал эми электролиттик конденсаторлор (в) көрүнүшүндө чийилет.

Эгерде конденсатордогу чыңалуу өтө жогорулап, белгилүү бир чектен ашып кетсе, анда ал «тешилет», б.а. канаттарынын арасында электрдик учкун пайда болот да, изоляциянын бузулушунан конденсатор иштен чыгат. Ошондуктан конденсаторлор электрдик сыйымдуулугунан тышкары *максималдык жумушчу чыңалуусу* менен да мүнөздөлүшөт.

Колдо бар конденсаторлорду пайдаланып берилген жумушчу чыңалууда каалаган сыйымдуулукту алуу үчүн аларды өз ара батареяларга туташтырышат.



2.2- с\р\т. Конденсаторлордун өз ара жарыш (а), удаалаш (б) жана аралаш (в) туташтырылышы.

Конденсаторлорду өз ара жарыш туташтырганда (а) бардык конденсаторлордогу чыңалуу бирдей, ал эми канаттардагы заряддар  $q_1 = C_1 U_1$ ,  $q_2 = C_2 U_2 \dots$  ар түрдүү болушу мүмкүн.

Батареядагы жалпы заряд

$$q = \sum q_i = U \sum C_i,$$

ошондуктан батареянын жалпы сыйымдуулугу

$$C = \frac{q}{U} = \sum_i C_i. \quad (2.7)$$

Демек, өз ара жарыш туташтырылган конденсаторлордун батареясынын сыйымдуулугу айрым конденсаторлордун сыйымдуулуктарынын суммасына барабар. Бул учурда батареянын жумушчу чыңалуусу бир конденсатордун жумушчу чыңалуусундай эле болот.

Конденсаторлор өз ара удаалаш туташтырылганда (б) бардык конденсаторлордогу заряддын чоңдугу бирдей жана жалпы батареянын зарядына барабар, ошондуктан

$$U_1 = \frac{q}{C_1}, \quad U_2 = \frac{q}{C_2}, \dots$$

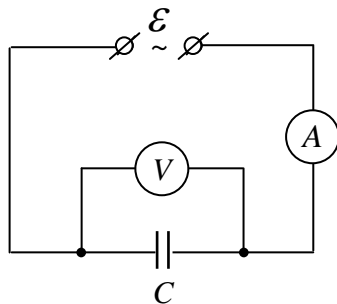
Батареянын чыңалуусу бул учурда айрым конденсаторлордогу чыңалуулардын суммасына барабар, б.а.

$$U = \sum U_i = q \sum \frac{1}{C_i}.$$

Ошондуктан батареянын жалпы сыйымдуулугу үчүн

$$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i} \quad (2.8)$$

туюнтмасын алабыз. *Конденсаторлорду удаалаш туташтырганда сыйымдуулуктардын тескери маанилери өз ара кошулушат.* Бул учурда ар бир конденсатордогу чыңалуу батареядагы чыңалуудан аз болот, ошондуктан батарея бир конденсатордун номиналдык чыңалуусуна караганда жогорураак чыңалууда иштей алат.



2.3-сүрөт. Өзгөрүлмө токту чыңжырындагы конденсатор

Конденсаторлору аралаш туташтырылган батареянын жалпы сыйымдуулугу жогорудагы формулалардын тиешелүү комбинациясы түрүндө оңой эле аныкталат.

2.3-сүрөттө өзгөрүлмө токту чыңжырына бириктирилген конденсатор көрсөтүлгөн. Ток булагынын ЭККсы  $\mathcal{E}$ , ал эми конденсатордогу чыңалуу  $U$  болсун.

Амперметрде чыңалуу дээрлик төмөндөбөйт деп эсептесек, Кирхгофтун 2-закону боюнча

$$U = \mathcal{E}. \quad (2.9)$$

Айталы, ток булагынын ЭККсы

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin \omega t \quad (2.10)$$

закону боюнча өзгөрсүн дейли. Туюкталган чыңжырдагы токту күчү  $i$  конденсатордун канаттарындагы заряддын өзгөрүү ылдамдыгына барабар:

$$i = \frac{dq}{dt}.$$

Мындан

$$dq = idt \quad \text{жана} \quad q = \int idt.$$

Бул барабардыкты (2.2)- формулага коюп, чыңалууну тапсак

$$U = \frac{1}{C} \int idt \quad (2.11)$$

болот. (2.10) жана (2.11)- формулаларды (2.9)- барабардыкка коелу:

$$\frac{1}{C} \int idt = \mathcal{E}_m \sin \omega t$$

Бул барабардыктын эки жагын дифференциалдап

$$i = \mathcal{E}_m C \omega \cos \omega t \quad (2.12)$$

ээ болобуз, мында

$$\mathcal{E}_m C \omega = I_m \quad (2.13)$$

ток күчүнүн максималдык (амплитудалык) мааниси. Омдун законуна салыштырып (2.13)-барабардыктагы

$$\frac{1}{C \omega} = R_C \quad (2.14)$$

чоңдугун конденсатордун «сыйымдуулук каршылыгы» деп эсептесек, анда аны

$$I_m = \frac{\mathcal{E}_m}{R_C} \quad (2.15)$$

көрүнүшүндө жазууга болот. Келтирүүнүн формуласы боюнча

$$\cos \omega t = \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right).$$

Анда, (2.12) – теңдеме

$$i = I_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (2.16)$$

көрүнүшүнө келет. Жогорудагы формулалардан өзгөрүлмө токту чынжырындагы конденсатордун учтарындагы чыңалуу чынжырдагы токту күчүнөн фазасы боюнча  $\frac{\pi}{2}$  ге кечигип өзгөрөрү көрүнүп турат.

Мындай болушунун себеби конденсатордогу чыңалуунун артышы, ага заряддын топтолушу менен байланыштуу. Конденсатордо заряд топтолушу үчүн, ага ток агып кириши шарт. (2.9)-барабардыкты эске алып (2.15)- формуланы

$$I_m = \frac{U_m}{R_C}$$

көрүнүшүндө жазууга болот. Бул барабардыктын эки жагын тең  $\sqrt{2}$  ге бөлүп, чоңдуктардын максималдык маанилеринен алардын эффективдүү (аракет этүүчү) маанилерине өтө алабыз:

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

Бул барабардык, (2.14) – формуланын негизинде,

$$I = UC \omega$$

көрүнүшүндө жазылат. Мындан

$$C = \frac{I}{\omega U}. \quad (2.17)$$

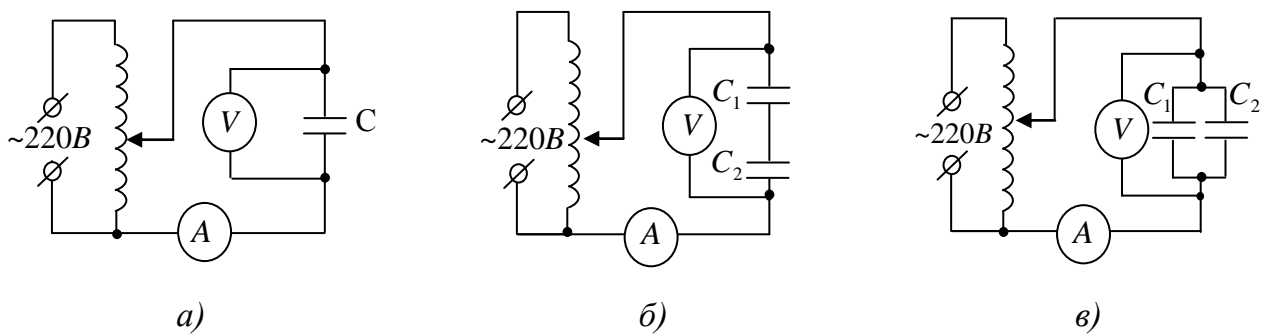
Мына ошентип, конденсатордогу чыңалуунун жана чынжырдан өтүп жаткан токтун күчүнүн эффективдүү маанилерин, б.а. вольтметр көрсөткөн чыңалууну жана амперметр көрсөткөн ток күчүн өлчөп, (2.17)–формула боюнча конденсатордун электр сыйымдуулугун аныктоого болот.

Конденсатордун «сыйымдуулук каршылыгы» ал аркылуу өтүп жаткан токту өзгөрүү жыштыгына жараша болорун (2.14)–формуладан айкын көрүүгө болот. Жогорку ( $\omega \rightarrow \infty$ ) жыштыктагы өзгөрүлмө токко берилген конденсатор дээрлик каршылык көрсөтпөйт ( $R_C \rightarrow 0$ ), бирок ал турактуу токту өткөрбөйт ( $\omega = 0, R_C = \infty$ ).

### *Ишти аткаруунун тартиби*

**1-тапшырма:** *Конденсаторлордун электр сыйымдуулугун аныктоо.*

Иште эки конденсатордун ар биринин электр сыйымдуулугун өзүнчө, андан кийин аларды бири-бирине удаалаш жана жарыш туташтырып, жалпы сыйымдуулугун аныктоо сунуш кылынат. Бул үчүн 2.4-сүрөттөрдө көрсөтүлгөн схемалар боюнча электр чынжырын түзүү керек. Амперметр токту күчүнүн, ал эми вольтметр чыңалуунун эффективдүү маанилерин көрсөтөт. Бул иште чыңалуунун булагы катары автотрансформатор колдонулат. Ар бир жыйналган электр чынжыры боюнча өлчөөлөр 3 жолудан кем эмес жүргүзүлөт.



2.4-сүрөт. Жалгыз (а), өз ара удаалаш (б) жана жарыш (в) туташтырылган конденсаторлордун сыйымдуулугун аныктоо.

1. Иште колдонулуучу куралдар менен таанышкыла. Амперметр жана вольтметрдин өлчөө пределдерин тандагыла, алардын шкалаларынын наркын аныктап алгыла.
2. Биринчи конденсаторду 2.4-сүрөттө көрсөтүлгөн схемага (а) ылайык кошуп электр чынжырын жыйнагыла.
3. Чыңалууну жөнгө салуучу бурагычы "0" абалга келтирилген автотрансформаторду ток булагына (розеткага) кошкула жана андагы

чыңалууну акырын жогорулатуу менен чынжырдагы амперметр ( $n_A$ ) жана вольтметрдин ( $n_B$ ) көрсөтүүлөрүн көзөмөлдөгүлө.

4. Вольтметрдин жана амперметрдин бир нече көрсөтүүлөрүн, мисалы, конденсатордун канаттарына берилген чыңалуу  $80B$ ,  $100B$ ,  $120B$  болгон кездеги чынжырдагы токтун күчүнүн тиешелүү маанилерин, 2.1-таблицага жазып алгыла.

5. Бурагычтын жардамында автотрансформатордон берилүүчү чыңалууну нөлгө чейин төмөндөтүп, аны ток булагынан ажыраткыла.

6. Токтун күчүнүн жана чыңалуунун эсептелген маанилерин колдонуп (2.17) –формула боюнча конденсатордун электр сыйымдуулугун аныктагыла. Электр тармагындагы чыңалуунун өзгөрүү жыштыгы  $50Гц$ . Ошондуктан, чынжырдагы токтун айланма жыштыгы:

$$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \frac{рад}{с}$$

га барабар болот. Эсептөөлөрдүн натыйжаларын 2.1-таблицага түшүргүлө.

*Биринчи конденсатордун электр сыйымдуулугу*

2.1-таблица

	<i>Амперметр</i>		<i>Вольтметр</i>		$\omega$	$C_1$	$\bar{C}_1$	$\Delta\bar{C}_1$	$\frac{\Delta\bar{C}_1}{\bar{C}_1}$
	$n_A$	$I, A$	$n_B$	$U, B$					
1.									
2.									
3.									

7. Чынжырдагы (2.4-сүрөт, а) конденсаторду алмаштыргыла да, 3-б-көнүгүүлөрдү кайталап, экинчи конденсатордун электр сыйымдуулугун аныктагыла. Өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн натыйжасын 2.2-таблицага түшүргүлө.

*Экинчи конденсатордун электр сыйымдуулугу*

2.2-таблица

	<i>Амперметр</i>		<i>Вольтметр</i>		$\omega$	$C_2$	$\bar{C}_2$	$\Delta\bar{C}_2$	$\frac{\Delta\bar{C}_2}{\bar{C}_2}$
	$n_A$	$I, A$	$n_B$	$U, B$					
1.									
2.									
3.									



8. Биринчи жана экинчи конденсаторлорду кезеги менен удаалаш (2.4-сүрөт, б) жана жарыш (2.4-сүрөт, в) туташтырып, жогорудагыдай жол менен алардын жалпы сыйымдуулуктарын аныктагыла. Өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн натыйжаларын тиешелүү түрдө 2.3-жана 2.4-таблицааларга түшүргүлө.

*Өз ара удаалаш туташтырылган эки конденсатордун электр сыйымдуулугу*

2.3-таблица

	$I$	$U$	$\omega$	$C_y$	$\bar{C}_y$	$\Delta\bar{C}_y$	$\frac{\Delta\bar{C}_y}{\bar{C}_y}$	$C_y^*$
<i>Бирдиги</i>								
1.								
2.								
3.								

*Өз ара жарыш туташтырылган эки конденсатордун электр сыйымдуулугу*

2.4-таблица

	$I$	$U$	$\omega$	$C_{ж}$	$\bar{C}_{ж}$	$\Delta\bar{C}_{ж}$	$\frac{\Delta\bar{C}_{ж}}{\bar{C}_{ж}}$	$C_{ж}^*$
<i>Бирдиги</i>								
1.								
2.								
3.								

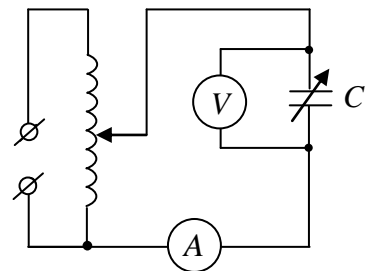
9. Сыйымдуулуктардын тажрыйбада аныкталган орточо маанилерин (2.1– жана 2.2-таблицаалардан) пайдаланып

$$C_{ж}^* = C_1 + C_2 \quad \text{жана} \quad \frac{1}{C_y^*} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

формулаларынын тууралыгын текшергиле.

**2-тапшырма:** Чынжырдагы өзгөрүлмө токтуун жыштыгын аныктоо.

1. Конденсаторлордун батареясын (сыйымдуулуктардын магазинин) пайдаланып 2.5-сүрөттө көрсөтүлгөндөй чынжыр түзгүлө жана тиешелүү өлчөөлөрдү жүргүзүү менен 2.17-туюнтмадан чынжырдагы токтуун өзгөрүү жыштыгын аныктагыла.



2.5-сүрөт. Чынжырдагы өзгөрүлмө токтуун жыштыгын аныктоо

2. Өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн натыйжасын 2.5-таблицага түшүрүп, тиешелүү тыянактарды жасагыла.

*Чынжырдагы электрдик чоңдуктардын өзгөрүү жыштыгы*

2.5-таблица

	$C$	$I$	$U$	$\omega$	$\nu$	$\bar{\nu}$	$\Delta\nu$	$\Delta\bar{\nu}$	$\frac{\Delta\bar{\nu}}{\bar{\nu}}$
<i>бирдиги</i>									
1.									
2.									
3.									

*Эскертүү:* Биз күндөлүк турмушубузда колдонуп жаткан өзгөрүлмө токтун жыштыгы мамлекеттик стандарт боюнча  $\nu = \underline{\hspace{2cm}}$  Гц болушу керек.

***Билимди текшерүү үчүн суроолор***

1. Конденсатор деп эмнени айтабыз? Конденсаторлордун кандай түрлөрүн билесиңер жана алар электрдик схемаларда кандайча белгиленишет?
2. Конденсатордун электр сыйымдуулугу деп эмнени айтабыз жана ал эмнелерден көз каранды?
3. Бири-бирине удаалаш туташтырылган конденсаторлордун жалпы сыйымдуулугу  $\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$ , ал эми бири-бирине жарыш туташтырганда жалпы сыйымдуулук  $C = \sum_{i=1}^n C_i$  формуласы боюнча эсептелерин далилдегиле.
4. Сыйымдуулуктардын магазини (батареясы) деген эмне жана ал кандайча иштейт?
5. Конденсаторду техникада кандай максаттарда колдонушат? Жообуңарды мисалдар менен бекемдегиле.
6. Конденсаторлорду тандоодо сыйымдуулугунан сырткары дагы кандай сапаттарына (параметрлерине) көңүл буруу зарыл?
7. Сыйымдуулуктун бирдиктери жана алардын өз ара катнашы кандай?

### 3. Электролиз кубулушу

**Иштин максаты:** электролиттердин электр өткөрүмдүүлүгүнүн механизмин, электролиз кубулушунун закон ченемдүүлүктөрүн окуп үйрөнүү. Жездин электрохимиялык эквивалентин, Фарадей санын жана жездин ионунун зарядын аныктоо.

**Иштин жабдылышы:** жез купоросунун (көк таштын) суудагы эритмеси, жез электроддору, турактуу токтун амперметри, токтун түзөткүчү, реостат, секундомер же таймер, өткөргүчтөр, электрондук тараза, электр ысыткычы.

#### *Иштин кыскача теориясы*

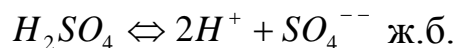
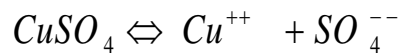
Суюктуктар да, катуу заттар сыяктуу эле, өткөргүчтөр, жарым өткөргүчтөр жана диэлектриктер болуп бөлүнүшөт. Мисалы, дистирленген суу электр тогун өткөрбөйт. Бирок ага кадимки аш тузун салып эритсек, алынган эритме токтун өткөрө баштайт. Электр тогун өткөрүүчү суюктуктар *электролиттер* деп аталат. Электролиттерге туздардын, негиздердин жана кислоталардын суудагы эритмелери, кристаллдары иондордон түзүлгөн эритилген абалдагы көптөгөн туздар ( $NaCl$ ,  $KCl$ ,  $AgCl$ ,  $AgBr$ ,  $NaOH$ ,  $NaNO_3$  ж.б.) мисал болот.

Электролиттердин электр өткөрүмдүүлүгүнүн механизмин  $NaCl$  дун суудагы эритмесинин мисалында карап көрөлү.  $NaCl$  дун молекуласын натрийдин атомундагы начар байланышкан валенттик электронду кошуна хлордун атому өзүнө кошуп алышынын натыйжасында түзүлгөн  $Na^+Cl^-$  электрдик диполу сыяктуу элестетүүгө болот. Ошондой эле, суунун молекуласында да суутектин атомдорундагы электрондор кычкылтекке өтүшөт, натыйжада, оң жана терс заряддардын борборлору мейкиндикте өз ара жылышкан структура – электрдик диполь түзүлөт. Эритмедеги  $Na^+Cl^-$  суунун молекулаларынын курчоосунда калат: суунун диполдору  $Na^+$  ка терс уюлу, ал эми  $Cl^-$  ка оң уюлу менен жакындашып, электростатикалык күч менен аракет этишет. Мунун натыйжасында  $Na^+Cl^-$  диполунун курамындагы  $Na^+$  жана  $Cl^-$  иондору бири-биринен алысташып, байланыш начарлай түшөт. Жылуулук кыймылынын натыйжасында башка молекулалар менен кагылышуу бул байланышты оңой эле үзөт, эритмеде натрийдин оң жана хлордун терс иону пайда болот. Электр талаасында бул иондор карама-каршы багытта иреттелген кыймылга келип, эритменин өткөрүмдүүлүгүн шарттайт.

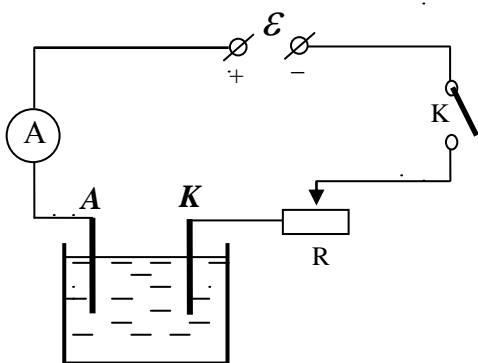
Эритмеде туздардын, негиздердин жана кислоталардын молекулаларынын иондорго ажыроосу *электролиттик диссоциация* деп аталат. Бул процесстин сандык көрсөткүчү *диссоциация даражасы* ( $\alpha$ )

аркылуу мүнөздөлөт.  $\alpha$  нын мааниси эритүүчүнүн диэлектрдик өтүмдүүлүгүнөн ( $\epsilon$ ), эритменин концентрациясынан жана температурасынан көз каранды. Эритменин температурасынын жогорулашы диссоциация даражасын көбөйтөт, натыйжада эритменин электр өткөрүмдүүлүгү жогорулайт.

Эритмедеги молекулалар, оң жана терс иондор тынымсыз жана баш аламан кыймылда болушат. Жылуулук кыймылынын натыйжасында бири-бирине бетме-бет келген оң жана терс иондор өз ара тартылышып биригип, кайрадан нейтрал молекуланы түзүшөт. Бул процесс *молизация* деп аталат. Эритменин температурасы турактуу сакталганда диссоциация жана молизация процесстери бири-бирин өз ара теңдештирет. Ошондуктан температурасы турактуу болгон эритмедеги иондордун концентрациясы да турактуу жана эритменин бардык жеринде бирдей мааниге ээ болот. Диссоциация жана молизация процесстерине төмөнкү мисалдарды келтирүүгө болот:



Электролит аркылуу электр тогу өтсүн үчүн анда электр талаасын түзүү керек. Бул максатта электролитке эки катуу өткөргүч (мисалы, жез пластиналары) түшүрүлөт. Бул өткөргүчтөр *электроддор* деп аталышат. Алардын бири ток булагынын оң, ал эми экинчиси анын терс уюлуна зымдар аркылуу туташтырылат. Ток булагынын оң уюлуна туташтырылган электрод - *анод*, ал эми терс уюлуна туташтырылган электрод - *катод* деп аталат. Электр чынжырынын схемасында анод *A*, ал эми катод *K* тамгасы менен белгиленет.



3.1-сүрөт. Электролиттердеги электр тогун изилдөө.

Чынжыр туюкталганда (3.1-сүрөт) эритмеде аноддон катодго карай багытталган электр талаасы түзүлөт. Бул электр талаасы оң ионго талаанын багыты боюнча, ал эми терс ионго талаанын багытына карама-каршы багытталган күч менен аракет этет. Натыйжада оң иондордун катодго, ал эми терс иондордун анодго карай багытталган агымы түзүлөт б.а. эритме

аркылуу ток өтө баштайт. Электр талаасынын аракети менен анодду көздөй кыймылдоочу (б.а. терс заряддуу) иондорду Фарадей *аниондор*, ал эми катодго бөлүнүп чыгуучу (оң заряддуу) иондорду – *катиондор* деп атаган.

Мына ошентип, электролиттерде электр тогун оң жана терс иондордун агымы түзөт. Эритмеден өтүп жаткан токту тыгыздыгы  $j$  оң жана терс иондордун агымы түзгөн токтордун тыгыздыктарынын суммасына барабар:

$$j = j_+ + j_- \quad (3.1)$$

Токту тыгыздыгы аны түзгөн заряддуу бөлүкчөлөрдүн концентрациясы  $n$  менен

$$j = qn\nu \quad (3.2)$$

формуласы аркылуу байланышат, мында,  $q$  - бир бөлүкчөнүн заряды, ал эми  $\nu$  - заряддуу бөлүкчөлөрдүн иреттелген кыймылынын ылдамдыгы («дрейфтик ылдамдык»).

Анда электролиттен өтүп жаткан токту тыгыздыгы

$$j = q_+ n_+ \nu_+ + q_- n_- \nu_- \quad (3.3)$$

га барабар. Электролиттик диссоциация кезинде молекула эки ионго ажырайт жана ал иондордун заряддарынын абсолюттук чоңдуктары өз ара барабар деп эсептесек, анда оң жана терс иондордун концентрациялары да бири-бирине барабар. Ошондуктан  $n_+ = n_- = \alpha n$ , мында  $\alpha$  - диссоциация коэффициенти,  $n$  - электролитте эриген молекулалардын концентрациясы. Анда (3.3)–формулану

$$j = q\alpha n (\nu_+ + \nu_-) \quad (3.4)$$

көрүнүшүндө жазууга болот.

Токту түзгөн иондорго негизинен эки күч - электр талаасынын күчү (кулондук күч) жана сүрүлүү күчү аракет этет. Оң ионго аракет эткен кулондук күч

$$F_K = q_+ E, \quad (3.5)$$

мында  $E$  - электр талаасынын чыңалышы. Ал эми оң иондун эритмедеги кыймылына каршы аракет эткен сүрүлүү күчүнүн модулу

$$F_C = \eta_+ \nu_+, \quad (3.6)$$

мында  $\eta_+$  - оң ион үчүн эритменин сүрүлүү коэффициенти.

Электр талаасынын аракети менен ион алгач электродго карай ылдамдатылган кыймылга келет. Бирок, иондун кыймылынын тездеши менен ага аракет эткен сүрүлүү күчүнүн кошо чоңоюусунан анын ылдамдануусу азайып отуруп,

$$F_K = F_C \quad (3.7)$$

шарты аткарылгандан баштап, ал электродго карай бир калыпта кыймылдайт. (3.5), (3.6) - формулаларды (3.7)-барабардыкка койсок, бул учурда

$$q_+ E = \eta_+ \nu_+$$

болот. Мындан

$$v_+ = \frac{q_+}{\eta_+} E. \quad (3.8)$$

Бул формуладагы иондун зарядынын чоңдугунун электролиттин сүрүлүү коэффициентиине болгон катышын

$$\frac{q_+}{\eta_+} = u_+ \quad (3.9)$$

ал иондун «ыкчамдыгы» («кыймылдуулугу») деп аташат. (3.9)-барабардыкты (3.8)-формулага коюп,

$$v_+ = u_+ E \quad (3.10)$$

га ээ болобуз. Мына ошентип, электролитте иондор электр талаасынын аракети менен бир калыпта, анын чыңалышына пропорциялаш ылдамдык менен иреттүү кыймылга келишет. Мындан  $u_+ = \frac{v_+}{E}$ , жана, эгерде  $E = 1V$  болсо, анда  $u_+ = v_+$  болорун көрөбүз. Демек, иондун ыкчамдыгы сан жагынан анын чыңалышы  $1V$  болгон бир тектүү электр талаасынын аракетинин натыйжасында берилген электролиттеги иреттелген (дрейфтик) кыймылынын ылдамдыгына барабар.

Жогоруда баяндалган далилдөөлөрдү терс ион үчүн кайталап,

$$v_- = u_- E \quad (3.11)$$

формуласына ээ болобуз.

(3.10), (3.11) - формулаларды (3.4) - формулага койсок

$$j = q_+ \alpha n (u_+ + u_-) E \quad (3.12)$$

же, вектордук түрдө

$$\vec{j} = q \alpha n (u_+ + u_-) \vec{E} \quad (3.12)^*$$

болот. Бул туюнтма - электролиттер үчүн **Омдун законунун** формуласы. Мындагы

$$q_+ \alpha n (u_+ + u_-) = \gamma \quad (3.13)$$

коэффициенти электролиттин салыштырма электр өткөрүмдүүлүгү деп аталат. Анда (3.12)\* - формула

$$\vec{j} = \gamma \vec{E} \quad (3.14)$$

Омдун законунун дифференциалдык көрүнүшүн алат. Демек, электролиттен өтүп жаткан токтуун тыгыздыгы аны шарттаган электр талаасынын чыңалышына түз пропорциялаш.

Эгерде электролитти ысытсак, биринчиден, анын молекулаларынын жылуулук кыймылы күчөгөндүктөн, алардын иондорго ажыроосу да күчөйт, б.а. электролиттеги иондордун концентрациясы көбөйөт, экинчиден, электролиттин илешимдүүлүгү азайып, агуучулугу артат. Ошондуктан иондордун ыкчамдыгы жогорулайт (3.9-формуланан кара). Мындан, (3.13)-формулага ылайык,

электролиттин температурасынын жогорулашы менен анын салыштырма электр өткөрүмдүүлүгүнүн жогорулашын түшүнүүгө болот.

Мына ошентип, *электролиттер жана эритилген абалдагы иондук кристаллдар иондук өткөрүмдүүлүккө ээ болушат. Ал эми суюк металлдарда электрондук өткөрүмдүүлүк байкалат.*

Акырында, молекулалык байланышы өтө күчтүү заттардын, мисалы, канттын жана спирттин ( $C_2H_5OH$ ) суудагы эритмелери электр тогун өткөрбөй тургандыгын белгилей кетели.

### ***Электролиз кубулушу жана анын закондору***

Электролиттен ток өтүп жатканда анодго жеткен терс ион ага өзүнүн зарядын берип нейтралдуу атомго (же молекулага) айланат да, анодго бөлүнүп чыгат, натыйжада бир же бир нече электрон (иондун зарядына жараша) сырткы чынжыр аркылуу кыймылын улантат. Ал эми катодго жеткен металлдын оң иондору андан өзүнө жетишпеген электрондорду кошуп алып, нейтрал атомдорго айланышат да, ага жабышып калышат. Мунун натыйжасында, катодго таза металл бөлүнүп чыгат.

*Электролиттен ток өткөндө электроддорго таза заттардын бөлүнүп чыгуусу электролиз кубулушу деп аталат.* Бул кубулушту 1834-жылы **М.Фарадей** ачып, анын закон ченемдүүлүктөрүн терең изилдеген. Ал электролит аркылуу канчалык көп заряд агып өтсө, электроддорго бөлүнүп чыккан таза заттын массасы ошончолук чоң болорун байкаган. Демек, **Фарадейдин биринчи закону боюнча электролиз кезинде электродго бөлүнүп чыккан таза заттын массасы  $m$  электролит аркылуу агып өткөн заряддын саны  $q$  га түз пропорциялаш :**

$$m = kq, \quad (3.15)$$

мындагы  $k$  - пропорциялаштык коэффициенти электроддорго ажырап чыккан заттын *электрохимиялык эквиваленти* деп аталат. Электролиттен агып өткөн заряддын саны токтун күчү жана убакыт аркылуу  $q = It$  формуласы боюнча аныкталат. Анда (3.15) формуланы

$$m = kIt \quad (3.16)$$

көрүнүшүндө жазууга болот. Электрохимиялык эквивалент түрдүү заттар үчүн түрдүүчө мааниге ээ. Анын чоңдугу электролит аркылуу 1 Кл заряд агып өткөн кездеги берилген заттын электродго бөлүнүп чыккан массасын аныктайт.

Фарадей тажрыйбада *түрдүү заттардын электрохимиялык эквиваленттери алардын химиялык эквиваленттерине, б.а. алардын атомдук салмагынын валенттүүлүгүнө болгон катышына түз пропорциялаш* болорун аныктаган:

$$k = C \frac{A}{n} = Cx, \quad (3.17)$$

мында  $x = \frac{A}{n}$  заттын химиялык эквиваленти,  $A$  - анын атомдук салмагы, ал эми  $n$  - валенттүүлүгү. Бул тыянак **Фарадейдин экинчи закону** деген ат менен белгилүү.

(3.17)- формуладагы пропорциялаштык коэффициенти  $C$  бардык заттар үчүн бирдей мааниге ээ.

$$\frac{1}{C} = F \quad \text{деп белгилеп,} \quad (3.18)$$

(3.17)-формулананы

$$k = \frac{1}{F} x = \frac{1}{F} \frac{A}{n} \quad (3.19)$$

көрүнүшүндө жазалы. (3.19)-туюнтманы (3.15) - формулага коюп, Фарадейдин эки законун бир формула аркылуу туюнтуп жазууга болот:

$$m = \frac{1}{F} xq = \frac{A}{n} \frac{q}{F}. \quad (3.20)$$

Бул туюнтма **Фарадейдин бирикме законунун** формуласы. Демек, *электролиз процессинде электродго ажырап чыккан заттын массасы анын химиялык эквивалентине жана электролит аркылуу агып өткөн заряддын санына түз пропорциялаш.*

(3.20)-формула Фарадей санынын физикалык маанисин түшүнүүгө мүмкүндүк берет. Эгерде  $q = F$  болсо, анда (3.20) формула боюнча

$m = x = \frac{A}{n}$  болот. Заттын килограмм менен туюнтулган жана сан жагынан химиялык эквивалентине барабар массасы анын *килограмм - эквиваленти* деп аталат. Демек, электролиттен Фарадей санына барабар болгон заряд агып өткөндө, ар бир электродго *1килограмм - эквивалент* таза зат бөлүнүп чыгат, башкача айтканда ар бир электродго *1килограмм-эквиваленттен* таза зат бөлүнүп чыгышы үчүн электролиттен Фарадей санына барабар болгон заряд агып өтүшү керек.

Тажрыйбалар  $F = 9,65 \cdot 10^7 \frac{\text{Кл}}{\text{кмоль}}$  болорун көрсөтөт.

(3.20) - формулананы

$$m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} It \quad (3.21)$$

көрүнүшүндө жазуу аркылуу электролиз кезинде электродго ажырап чыккан таза заттын массасы ал заттын атомдук массасына, электролит аркылуу өтүп жаткан токтуң күчүнө жана токтуң өтүү убактысына түз,



ал эми ал заттын валенттүүлүгүнө тескери пропорциялаш болорун көрөбүз.

Эгерде заттын валенттүүлүгү  $n = 2$  болсо, анда

$$x = \frac{A}{n} = \frac{A}{2},$$

мындан,  $A = 2x$  болот б.а. эки валенттүү заттын бир килограмм-атому анын эки килограмм-эквивалентине барабар. Демек, электродго эки валенттүү заттын бир килограмм-атому бөлүнүп чыксын үчүн эритмеден  $2F$  өлчөмүндөгү заряд агып өтүшү керек. Мындан эки валенттүү иондун заряды

$$q_0 = \frac{2F}{N_A} \quad (3.22)$$

формуласы боюнча аныкталарын түшүнүүгө болот. Көкташтын суудагы эритмесинде жез эки валенттүү, ошондуктан анын ионунун заряды (3.22) формула боюнча аныкталат. Жалпы учурда иондун заряды

$$q = \frac{nF}{N_A}. \quad (3.23)$$

Фарадейдин экинчи законунан электролиттеги иондун заряды ал заттын химиялык валенттүүлүгүнө пропорциялаш деген тыянак жасоого болот, б.а. эки валенттүү заттардын иондору бир валенттүү иондорго караганда эки эсе чоң зарядга, үч валенттүү заттардын иондору - үч эсе чоң зарядга ээ ж.б.д.у.с. Жүргүзүлгөн тажрыйбалар иондордун заряддары бири-бирине эселүү болорун көрсөтөт. Эң кичине зарядга  $q_0 = e$  бир валенттүү заттардын иондору ээ, эки валенттүү иондун заряды  $2e$  ге барабар, ал эми  $n$  - валенттүү иондордуку -  $n \cdot e$ , бирок  $e$  нин үлүшүн түзгөн заряддар кездешпейт. Муну пайдаланып **Гельмгольц** 1880-жылы электрдик заряддар “атомдук” табиятка ээ жана бир валенттүү иондордун заряды  $e$  - белгилүү заряддардын эң кичинеси же *элементардык заряд* деген эң алгачкы тыянакты жасаган.

Элементардык заряддын чоңдугун ал төмөнкүдөй аныктаган:  $m = \frac{A}{n} \frac{q}{F}$

формуласына ылайык, электролит аркылуу Фарадейдин санынчалык заряд ( $q = F$ ) өткөндө электродго заттын 1 килограмм-эквиваленти

( $m = \frac{A}{n} = x$ ) бөлүнүп чыгат. Бул учурда бир валенттүү ( $n = 1$ ) заттарда

$m = \frac{A}{1} = x = A$ , б.а. 1 килограмм-атом, же, Авогадронун санынчалык

бөлүкчө бөлүнүп чыгат. Ошондуктан  $F = N_A \cdot e$ , же

$$e = \frac{F}{N_A} = \frac{9,65 \cdot 10^7}{6,02 \cdot 10^{26}} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}.$$

Элементардык заряддын бул мааниси кийинчерээк башка методдордун жардамында аныкталган электрондун зарядынын чоңдугуна өтө жакшы дал келет.

Акырында, көкташтын (жез купоросунун) суудагы эритмесинин мисалында электролиз кубулушунун айрым өзгөчөлүктөрүнө токтолуп кетели. Эгерде электрод катары эритмеге графит пластиналары түшүрүлсө, анда электролиз учурунда жездин иону катодго жетип, анын эки электронун өзүнө кошуп алуу менен ага жабышып калат, аноддон кычкылтек бөлүнүп чыгат. Себеби, суунун молекуласынын электролиз учурунда пайда болгон  $\text{OH}^-$  иону анодго жетип, ага бир электронун берет да, кайрадан сууга жана кычкылтекке ажырайт. Ал эми  $\text{H}^+$  иону эритмеде калган  $\text{SO}_4^{--}$  иону менен биригип, күкүрт кислотасына айланат. Натыйжада, электролиттен ток өтүп жатканда көкташтын эритмедеги концентрациясы азайа берет.

Ушул эле эритмеге электрод катары жез пластиналары түшүрүлгөн кезде, жогорудагы мисалдагыдай эле, жез катодго капталат. Ал эми анодго жеткен  $\text{SO}_4^{--}$  иону аны менен реакцияга кирип,  $\text{CuSO}_4$  калыбына келет, эритменин концентрациясы өзгөрбөйт. Эритмеден ток өткөн сайын катод «калыңдап», анод «жукара» берет.

Өнөр жайларда электролиттерди жана аноддун материалын тандоо, катоддун ордуна керектүү буюмдарды колдонуу аркылуу аларды түрдүү металлдар менен каптоого жетишишет. Мисалы, ыссык жана муздак сууну кошуучу латундан жасалган крандарга (смесители) электролиз жолу менен хромдун жука катмары капталганда алар жалтырап, дат баспай турган болуп калышат.

Эгерде металл жабышуучу бетке, мисалы, графитти сүйкөп койсо, электролиттик каптама ал беттен оңой эле ажырайт. Мындай электролиз жолу менен ар кандай рельефтик беттердин көчүрмөсүн даярдап алууга болот. *Гальванопластика* деп аталуучу ажыратылып алынуучу каптамаларды даярдоо процесси орус окумуштуусу Б.С.Якоби тарабынан сунушталган. Ал ушул усулду 1836-жылы Исаакий соборунун (Санкт Петербург, Россия) ичи көңдөй фигураларын даярдоо үчүн колдонгон.

Электролизди өнөр жайларда металл жана металл эместерди алардын иондук кошулмаларынан ажыратып алуу үчүн да көп колдонушат.

Мына ошентип, түрдүү эритилген заттарды (расплавы) жана электролиттердин эритмелерин пайдалануу, электроддордун материалдарын өзгөртүү аркылуу электролиздин жардамында металлдарды тазалашат, эритилген боксиддерден алюминийди бөлүп алышат.

### ***Ишти аткаруунун тартиби***

1. Электрод катары эки жез пластинасын алгыла да, алардын биринин бетин тазалап, баштапкы массасын ( $m_0$ ) так өлчөп алгыла.
2. Жез пластиналарын идишке, андагы көк таштын (күкүрттүү жез тузунун) суудагы эритмесине түшүргүлө.
3. Беттери тазаланып, массасы өлчөнгөн жез пластинасын катод катары пайдалангыла, б.а. аны ток булагынын терс уюлуна туташтырып, схемасы 3.1-сүрөттө көрсөтүлгөн электр чынжырын жыйнагыла.
4. Берилген схемага бир гана электролиттик ванна туташтырылган, андагы электролиттин курамы белгилүү, демек,  $k = const$ . Мындай шартта Фарадейдин биринчи законун эки түрдүү жол менен текшерүү ыңгайлуу:

а) *Электродго бөлүнүп чыккан таза заттын (жездин) массасынын электролит аркылуу өткөн токтун күчүнөн көз карандылыгын изилдөө.*

Бул учурда ар бир тажрыйбанын узактыгын бирдей алгыла ( $t = const$ ).

- Чынжырды туюктар замат электролит аркылуу токтун өтүү убактысын эсептөөнү баштагыла. Тажрыйба жүрүп жаткан кезде чынжырдагы ток күчүнүн турактуу сакталышына көз салып тургула.
- Белгиленген убакытка жетер замат чынжырды үзүп, тажрыйбаны токтоткула.
- Электролиз кезинде электродго бөлүнүп чыккан заттын (жездин) массасын ( $m$ ) аныктагыла. Ал үчүн, катод пластинасынын ар бир тажрыйбанын башталышындагы ( $m_0$ ) жана аягындагы ( $m_a$ ) массаларын таразада тартып алуу керек. Анда  $m = m_a - m_0$ . Таразага тартуудан алдың пластинаны электр ысыткычынын үстүнө кармап, кургатып алгыла.
- Чынжырды кайрадан чогултуп тажрыйбаны ток күчүнүн башка маанилеринде кайталагыла. Изилдөөлөрдүн натыйжаларын 3.1-таблицага түшүргүлө жана  $m = m(I)$  көз карандылыгынын графигин чийгиле.

Электролиз кезинде катодго бөлүнүп чыккан жездин массасынын токтун күчүнөн көз карандылыгы:  $m = m(I)$ ,  $t = \text{_____ мин.}$

3.1-таблица

	$I$	$m_{\delta}$	$m_a$	$m$
	A			
$I_1$				
$I_2$				
$I_3$				



**1-тыянак:** Электролиз учурунда катодго бөлүнүп чыккан таза жездин массасы электролит аркылуу өтүп жаткан токтун күчүнө \_\_\_\_\_.

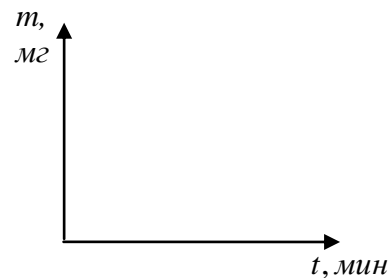
б) *Электродго бөлүнүп чыккан таза заттын (жездин) массасынын токтун электролит аркылуу өтүү убактысынан көз карандылыгын изилдөө.*

Бул учурда чынжырдагы ток күчүн бирдей ( $I = const$ ) сактоо менен убакыттын түрдүү интервалдары үчүн жогорудагыдай тажрыйбаларды кайталап жүргүзгүлө. Изилдөөлөрдүн натыйжаларын 3.2-таблицага түшүргүлө жана  $m = m(t)$  көз карандылыгынын графигин чийгиле.

Электролиз кезинде катодго бөлүнүп чыккан жездин массасынын ток өткөн убакыттан көз карандылыгы:  $m = m(t)$ ,  $I = \text{_____ A}$

3.2-таблица

	$t$	$m_{\delta}$	$m_a$	$m$
	мин			
$t_1$				
$t_2$				
$t_3$				

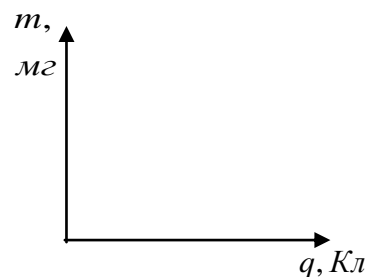


**2-тыянак:** Электролиз учурунда катодго бөлүнүп чыккан таза жездин массасы электролит аркылуу токтун өтүү убактысына \_\_\_\_\_.

5. Убакыт ресурсуна жараша жогорудагы көз карандылыктардын экөөн тең же, жок дегенде бирин тандап, пландаштырып аткарууга болот. Алардын негизинде,  $q = It$  болорун эске алуу менен, электролиз кезинде электродго бөлүнүп чыккан таза заттын массасынын электролит аркылуу агып өткөн заряддын (электр санынын) чоңдугунан көз карандылыгын аныктай алабыз (3.3-таблица):

3.3-таблица

	$I$	$t$	$q$	$m$
бирдиги				
1				
2				
3				



**3-тыянак:** Электролиз кезинде электродго бөлүнүп чыккан таза заттын массасы электролит аркылуу агып өткөн заряддын (электр санынын) чоңдугуна \_\_\_\_\_, б.а. Фарадейдин биринчи закону \_\_\_\_\_.

6. Фарадейдин биринчи законунун формуласын жана  $m, I$  жана  $t$  нын тажрыйбада аныкталган маанилерин колдонуп жездин ионунун электрохимиялык эквивалентин эсептегиле (3.4-таблица).

*Жездин ионунун электрохимиялык эквиваленти*

3.4-таблица

	$I$	$t$	$m$	$k$	$\bar{k}$	$\Delta k$	$\Delta \bar{k}$	$\frac{\Delta \bar{k}}{\bar{k}} \cdot 100\%$
бирдиги								
1								
2								
3								

**4-тыянак:** Жездин \_\_\_\_\_ ионунун электрохимиялык эквивалентинин тажрыйбада аныкталган мааниси  $k = \bar{k} \pm \Delta \bar{k} = \underline{\hspace{2cm}}$ . Таблицада  $k = \underline{\hspace{2cm}}$ .

7. Фарадейдин экинчи законунун формуласын жана жездин электрохимиялык **эквивалентинин** тажрыйбада аныкталган маанилерин пайдаланып Фарадейдин санын эсептегиле.

*Фарадейдин саны (турактуусу)*

3.5-таблица

чоңдуктар	$A$	$n$	$k$	$F$	$\bar{F}$	$\Delta F$	$\Delta \bar{F}$	$\frac{\Delta \bar{F}}{\bar{F}} \cdot 100\%$
бирдиги								
1								
2								
3								

**5-тыянак:** Фарадейдин санынын тажрыйбада аныкталган мааниси  $F = \bar{F} \pm \Delta\bar{F} = \underline{\hspace{2cm}}$ . Таблица боюнча  $F = \underline{\hspace{2cm}}$ .

8. Фарадейдин санынын тажрыйбада аныкталган маанилерин жана (3.23)-формулану пайдаланып жездин ионунун зарядын аныктагыла.

*Жездин ионунун зарядынын чоңдугу*

3.6-таблица

чоңдуктар	$N_A$	$F$	$n$	$q$	$\bar{q}$	$\Delta q$	$\Delta\bar{q}$	$\frac{\Delta\bar{q}}{\bar{q}} \cdot 100\%$
бирдиги								
1								
2								
3								

**6-тыянак:** Жездин  $\underline{\hspace{2cm}}$  ионунун зарядынын экспериментте аныкталган мааниси  $q_s = \bar{q} \pm \Delta\bar{q} = \underline{\hspace{2cm}}$  Кл. Таблицада  $q_m = \underline{\hspace{2cm}}$ .

**Билимди текшерүү үчүн суроолор**

1. Электродит деген эмне? Электродиттерге мисалдарды келтиргиле.
2. Электродитте иондор кандайча пайда болот жана алардын концентрациясы эмнелерден көз каранды?
3. Электродитте токту түзгөн иондордун кыймылын мүнөздөгүлө.
4. Омдун законун пайдаланып электродиттердин электр өткөрүмдүүлүгүнүн температурага көз карандылыгын түшүндүргүлө.
5. Заттын электродитимиялык жана химиялык эквиваленттери деп эмнелерди айтабыз?
6. Электродитиз кубулушу үчүн Фарадейдин закондорунун физикалык маанилерин айтып бергиле.
7. Фарадей санынын физикалык маанисин түшүндүргүлө.
8. Жездин электродитимиялык эквивалентинин, Фарадей санынын жана жездин ионунун зарядын аныктоонун бул жумушта колдонулган усулдарын негиздегиле.
9. Электродитиз кубулушунун практикалык колдонулуштарына мисалдар келтиргиле.

#### **4. Вакуумдагы ток. Электрондун металлдан чыгуу жумушун аныктоо**

**Иштин максаты:** Вакуумдагы электр тогунун өзгөчөлүктөрү менен таанышуу. Вакуумдук диоддун вольт-ампердик мүнөздөмөсүн тургузуу. Электрондун металлдан чыгуу жумушун аныктоо.

**Иштин жабдылышы:** ФПЭ-06-05 кассетасы, ток булагы, миллиамперметр, мультиметр.

#### ***Иштин кыскача теориясы***

Электр тогун байкоо үчүн эки шарттын – заряддуу бөлүкчөлөрдүн жана аларды иреттүү кыймылга келтирүүчү электр талаасынын болушу сөзсүз зарыл. Бул шарттарды түзүү менен металл өткөргүчү (зым), жарым өткөргүчтөр же электролиттер сыяктуу материалдык чөйрө жок жерлерде, мисалы, вакуумда да, электр тогун пайда кылууга болот.

Вакуумдагы электр тогу металлды ысытканда андан электрондордун учуп чыгуусуна – *термоэлектрондук эмиссия* кубулушуна негизделген.

Металлдар кристаллдык торчону түзгөн оң иондордон жана «эркин» электрондордун газынан турары белгилүү. Эркин электрондор металлдын ичинде, газдын атомдоруна окшоп тынымсыз, баш аламан кыймылда болушат, өз ара жана торчонун иондору менен аракеттенип турушат. Термодинамикалык тең салмактуулук абалында электрондордун кандайдыр бир бөлүгүнүн кинетикалык энергиясы алардын орточо кинетикалык энергиясынан бир кыйла чоң болгондуктан, мындай электрондор торчодогу оң иондордун тартуу күчүн жеңип, металлды таштап кете алышат. Ошондуктан, металлдын бетинен тышкары жерлерде белгилүү тыгыздыктагы «электрондук булутча» түзүлөт.

Металлдын бетине жакын жайгашкан ички, электрондордун бир бөлүгүн жоготкон катмары оң зарядка ээ болот. Натыйжада, металл вакуум менен чектешкен жерде конденсатор сыяктуу кош электрдик жука катмар түзүлөт. Бул катмардын электр талаасы вакуумдагы электрондорго металлдын ичин көздөй багытталган күч менен аракет этет. Эки атаандаш процесстин – электрондун металлдан учуп чыгышынын жана анын кайра металлга тартылып алынышынын теңдешүүсү «электрондук булутчанын» берилген температурадагы тең салмактуу тыгыздыгын мүнөздөйт.

Металл–вакуум чегиндеги кош электрдик катмардагы потенциалдардын айырмасы  $(\varphi_1 - \varphi_2)$  электрондун металлдан чыгуу жумушу  $A$  менен

$$A = e(\varphi_1 - \varphi_2) = eU \quad (4.1)$$

туюнтмасы аркылуу байланышат, мында  $e$  - электрондун заряды.

Электрондун металлдан учуп чыгуу шарты

$$\frac{1}{2} m v^2 \geq eU \quad (4.2)$$

түрүндө жазылат, мында  $m$  - электрондун массасы,  $v$  - анын ылдамдыгы. Электрондун металлдардан чыгуу жумушу бир нече электрон-вольтту түзөт. Ал эми бөлмө температурасында ( $\approx 300\text{ K}$ ) электрондордун жылуулук кыймылынын орточо энергиясы  $kT = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300 = 4,15 \cdot 10^{-21} \text{ Дж} = 0,026 \text{ эВ}$ . Ошондуктан бөлмө температурасында өткөрүмдүүлүк электрондорунун басымдуу бөлүгү металлдын ичинде кармалган болот.

Металлдын температурасын жогорулатканда анын электрондорунун кыймылынын интенсивдүүлүгү күчөйт. Ошондуктан, металлды таштаган электрондордун саны артат, натыйжада металлдын бетин каптаган электрондук булутчанын тыгыздыгы жогорулайт.

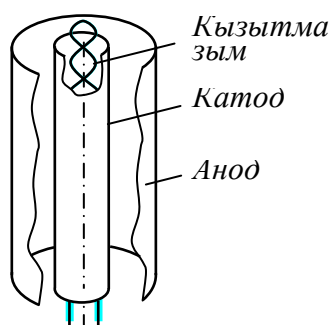
Металлдагы электрондорго кошумча энергияны түрдүү жолдор менен берүүгө болот. Бул учурда металлдагы электрондордун тиешелүү бөлүгү металлды таштап кетүү мүмкүнчүлүгүн алат, натыйжада биз электрондордун металлдан *учуп чыгуусун*, же, *электрондук эмиссия* кубулушун байкайбыз.

Электронго энергия кандай жол менен берилгенине жараша электрондук эмиссиянын түрдүү типтерин айырмалайбыз. Эгерде электрондор энергияны нерсени ысыткан кезде анын жылуулук энергиясынын эсебинен алса, анда *термоэлектрондук эмиссия* жөнүндө сөз кылабыз; энергия жарык нуру аркылуу берилсе *фотоэмиссия* же *фотоэлектрдик эффект* кубулушун алабыз. Эгерде электрондорго энергия аларды сырттан башка бөлүкчөлөр (электрондор, иондор) менен соккулоо жолу менен берилсе анда биз *экинчилик (вторичный) электрондук эмиссия* кубулушун байкайбыз.

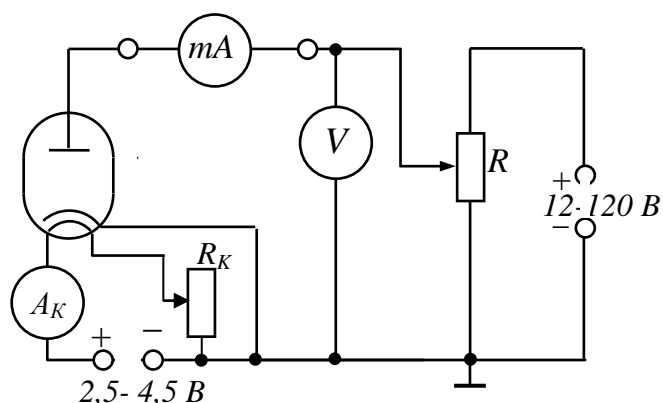
Жогоруда белгилегендей, металлды ысытканда андан электрондордун учуп чыгуусу – *термоэлектрондук эмиссия* деп аталат.



Вакуумдагы токту же термоэлектрондук эмиссия кубулушун изилдөө үчүн ичинен абасы сордурулуп чыгарылган жөнөкөй баллонду – вакуумдук диодду (электрондук лампы) колдонууга болот. Ал баллонго эки электрод киргизилет: бири эрүү температурасы өтө жогору болгон материалдан (вольфрам, молибден ж.б.) жасалган жана электр тогу менен кызытылуучу зым түрүндө (катод) жана, экинчиси – термоэлектрондорду жыйноочу муздак электрод (анод). Мындай лампылар радиотехникада өзгөрүлмө токторду түзөтүү үчүн кеңири колдонулуп келген. Аноддун формасы диоддун конструкциясына көз каранды; аны көпчүлүк учурда ортосунда кызытылуучу катод жайгашкан цилиндр түрүндө жасашат (4.1-сүрөт).



4.1-сүрөт. Вакуумдук диоддун ички түзүлүшү.

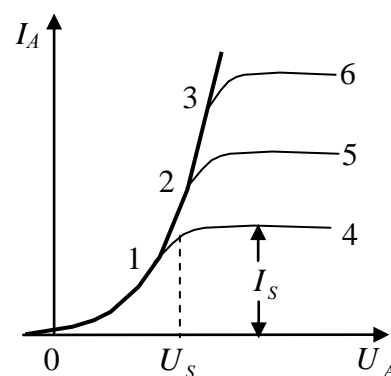


4.2-сүрөт. Вакуумдагы токту изилдөөнүн электрдик схемасы

Вакуумдук диодду, ток булагын жана миллиамперметрди камтыган электрдик чынжыр түзөлү (4.2-сүрөт). Катод муздак кезинде мындай чынжыр аркылуу ток өтпөйт, анткени баллондун ичиндеги өтө сейректелген газда (вакуумда) заряддуу бөлүкчөлөр жок болгондуктан диод электр өткөрүмдүүлүгүнө ээ эмес.

Эгерде токту кошумча булактарынын (2,5 ÷ 4,5 В) жардамында диоддун катодун кызытсак, анда чынжырдагы миллиамперметр токту пайда болгондугун көрсөтөт.

Ток булагынын оң уюлу анод менен, ал эми терс уюлу катод менен туташтырылган учурда гана диод аркылуу ток жүрөт. Эгерде диодго коюлган потенциалдар айырмасынын белгисин өзгөртсөк, катодду канчалык кызытканыбыз менен да чынжырдан ток өтпөйт. Бул жагдай катод терс заряддуу бөлүкчөлөрдү, б.а. электрондорду чыгарарын көрсөтөт.



4.3-сүрөт. Вакуумдук диоддун вольт-ампердик мүнөздөмөсү.

Диоддогу

термоэлектрондук токту (аноддук токту) күчү аноддун катодго салыштырмалуу потенциалынын (аноддук чыңалуунун) чоңдугунан көз каранды. 4.3-сүрөттө диоддогу токту күчүнүн аноддук чыңалуудан көз карандылыгын чагылдырган ийри (014 ийриси) – диоддун *вольт-ампердик мүнөздөмөсү* көрсөтүлгөн. Аноддук потенциал нөл болуп турган кезде диоддон өтө кичине ток өтөт (бул алсыз ток «күлүк» термоэлектрондордун анодго жетип чынжырды туюкташы менен түшүндүрүлөт). Аноддун оң потенциалынын жогорулашы менен токту күчү 01 ийриси бойлото өсөт. Аноддук чыңалууну андан ары көбөйткөндө токту күчү диоддун *каныгуу тогу* деп аталуучу кандайдыр – бир максималдык маанисине ( $I_s$ ) жетет да аноддук чыңалуудан дээрлик көз каранды болбой калат (мүнөздөмөнүн 14 бөлүгү).

Катоддун температурасын андан ары жогорулаткандагы мүнөздөмө 0125, 01236 ж.б.д.у.с. ийрилери аркылуу сүрөттөлөт. Токту  $I_s$  тен кичине болгон маанилеринде бардык температуралардагы токту күчүнүн чыңалуудан көз карандылыгы бир эле 0123 ийриси аркылуу сүрөттөлөт. Катоддун температурасынын жогорулашы менен  $I_s$  каныгуу тогунун мааниси тез өсөт жана ток каныга баштаган кездеги аноддук чыңалуу ( $U_s$ ) да жогорулайт.

Сүрөттөн электрондук лампанын вольт-ампердик мүнөздөмөсү сызыктуу эместигин, демек, электрондук лампа Омдун законуна баш ийбеген өткөргүчтүн мисалы болорун көрөбүз.

Аноддук токту чыңалуудан мындай көз карандылыгы жөнөкөй эле түшүндүрүлөт. Термоэлектрондук эмиссия учурунда катод менен аноддун ортосундагы мейкиндикте терс заряддын булутчасын түзгөн жана катоддон анодду көздөй агып жаткан электрондор (*мейкиндиктик заряд*) дайыма болушат. Мына ушул мейкиндиктик заряд диоддогу потенциалдын бөлүштүрүлүшүн өзгөртүп, электрондордун анодду көздөй кыймылынын ылдамдыгын басаңдатат. Аноддук чыңалуунун жогорулашы менен мейкиндиктик заряддын булутчасындагы электрондордун концентрациясы азайат. Ошондуктан мейкиндиктик заряддын тормоздоочу аракетин да начарлайт, аноддук ток көбөйөт.

Диоддук токту ( $I$ ) аноддун потенциалынан ( $U$ ) көз карандылыгы

$$I = gU^{3/2} \quad (4.3)$$

көрүнүшүнө ээ, мында  $g$  - электроддордун формасынан жана өлчөмдөрүнөн көз каранды болгон коэффициент.

Жалпак диод үчүн

$$g = \frac{4}{9} \varepsilon_0 \frac{S}{d^2} \sqrt{\frac{2e}{m}}, \quad (4.4)$$

мында  $\frac{e}{m}$  - электрондун салыштырма заряды,  $d$  - катод менен аноддун арасындагы аралык,  $S$  - катоддун (аноддун) бетинин аянты,  $\varepsilon_0$  - электрдик турактуулук.

(4.3) - формуласы 4.2-сүрөттөгү 0123 ийрисинин теңдемесин туюнтат жана **Богуславский – Ленгмюрдун закону** же " $\frac{3}{2}$ -нин закону" деп аталат.

Аноддук потенциал катоддон ар бир секундада учуп чыгып жаткан электрондорду толугу менен анодго жеткиргендей даражага чоңойгондо аноддук ток өзүнүн эң чоң маанисине жетип аноддук чыңалуудан көз каранды болбой калат. Каныгуу тогунун тыгыздыгы  $j_s$  катоддун *эмиссиялык жөндөмдүүлүгүн* мүнөздөйт, бул сапат катоддун материалынын тегинен жана температурасынан көз каранды.

Металлдардын кванттык теориясы диоддун каныгуу тогунун тыгыздыгынын температурадан көз карандылыгы

$$j_s = \frac{I_s}{S} = BT^2 e^{-\frac{A}{kT}} \quad (4.5)$$

көрүнүшүндө болорун аныктайт. Мындагы  $B$  турактуусу бардык металлдар үчүн бирдей жана анын чоңдугу  $B = 6,02 \cdot 10^5 \frac{A}{m^2 K^2}$ .  $S$  - катоддун жумушчу бетинин аянты,  $T$  - катоддун температурасы.

Каныгуу тогунун тыгыздыгы  $j_s$ , (4.5)-формулага ылайык, температурадан өтө күчтүү көз каранды. Мисалы, вольфрам үчүн анын мааниси  $1000^0 C$  кезинде  $10^{-4} \frac{A}{m^2}$  тан азыраак болсо,  $2000^0 C$  да  $10^3 \frac{A}{m^2}$  ка жакын, ал эми  $2500^0 C$  да өтө чоң мааниге – болжол менен  $10^5 \frac{A}{m^2}$  ка жетет. Бул келтирилген цифралар, ошол эле учурда, вольфрам катодунан сезилерлик чоңдуктагы термоэлектрондук токту алуу үчүн аны өтө жогорку температураларга чейин кызытуу керектигин көрсөтөт.

Ал эми практикалык максаттар үчүн электрондук лампалардын катодунун жумушчу температурасын мүмкүн болушунча төмөндөтүү өтө маанилүү, анткени бул учурда катодду кызытуу үчүн сарпталуучу кубаттуулук азайып, лампанын иштөө мөөнөтү узарат. Ошондуктан кийинки убактарда бир кыйла татаал түзүлүштөгү (мисалы, оксиддик) катоддор кеңири колдонула баштады.

Оксиддик катоддор өтө жогорку сапаты менен айырмаланышат. Алардын жумушчу температурасы  $800 - 900^0 C$  ны түзөт

(вольфрамдыкы  $\sim 2200^{\circ}C$ ), ал эми нормалдуу эмиссиялык жөндөмдүүлүгү  $10^4 \frac{A}{m^2}$  ка жетет (вольфрамдыкы  $< 10^3 \frac{A}{m^2}$ ).

Эки, үч жана көп электроддуу вакуумдук электрондук лампалар *түзөткүчтөр*, *күчөткүчтөр* ж.б. катары радиотехникада жарым өткөргүчтөргө негизделген микроэлектроника өнүккөнгө чейин кеңири колдонулуп келди. Учурда термоэлектрондук эмиссия кубулушу телевизорлордун, мониторлордун, осциллографтардын ж.б. электрондук-нур түтүкчөлөрүндө колдонулууда.

Эгерде тажрыйбада катоддун каныгуу тогунун температурадан көз карандылыгын ( $I_s(T)$ ) кеңири изилдөөгө мүмкүнчүлүк болсо, анда электрондун катоддун металлынан чыгуу жумушу төмөнкүдөй аныкталат.

(4.5) – формуласынын эки тарабын тең логарифмалап,

$$\ln I_s = \ln B + \ln T^2 + \ln S - \frac{A}{k} \frac{1}{T} \quad (4.6)$$

туюнтмасына ээ болобуз. Мындагы  $\ln T^2$  туюнтманын акыркы мүчөсүнө салыштырганда өтө жай өзгөргөндүктөн, жогорку даражада жакындаштырып

$$\ln I_s = \text{const} - \frac{A}{k} \frac{1}{T} \quad (4.7)$$

деп жаза алабыз, мында  $\text{const} = \ln B + \ln T^2 + \ln S$ .

Бул туюнтма  $\ln I_s$  тин  $\frac{1}{T}$  дан көз карандылыгын сүрөттөөчү график түз сызык түрүндө болот дегенди билдирет. Бул тыянак тажрыйбада жакшы далилденет. Алынуучу түз сызыктын  $\frac{1}{T}$  огуна жантаюу бурчунун тангенци

$$\text{tg } \alpha = \frac{\Delta(\ln I_s)}{\Delta(\frac{1}{T})} = \frac{A}{k},$$

мындан

$$A = k \text{tg } \alpha. \quad (4.8)$$

Мына ошентип, тажрыйбада каныгуу тогунун температурадан көз карандылыгын изилдөө аркылуу берилген металлдан электрондун чыгуу жумушун аныктай алабыз. Бардык металлдар үчүн анын чоңдугу бир нече электрон - вольтту түзөт.

Каныгуу тогунун катоддун температурасынан көз карандылыгын изилдөө кыйынчылыкты туудурган учурларда электрондун металлдан чыгуу жумушун жакындаштырып, берилген температурадагы каныгуу

тогунун маанисин тажрыйбада аныктоо аркылуу эсептөөгө болот. Ал үчүн (4.6) – туюнтмадан  $A$  ны тапсак

$$A = kT(\ln B + 2 \ln T - \ln I_s + \ln S). \quad (4.9)$$

Бул учурда чыгуу жумушун эсептөө үчүн катоддун температурасын, бетинин аянтын жана диоддун каныгуу тогунун күчүн билүү зарыл болот.

Катоддун температурасын өткөргүчтүн каршылыгынын температурадан көз карандылыгын туюнткан

$$R = R_0(1 + \alpha t) \quad (4.10)$$

формуласын пайдаланып, аныктоого болот. (4.10) – формуладан

$$t = \frac{R - R_0}{R_0 \cdot \alpha}, \quad (4.11)$$

мында,  $R_0$  - катоддун  $0^\circ\text{C}$  кезиндеги каршылыгы, ал эми  $R$  -  $t^\circ\text{C}$  кезиндеги каршылыгы,  $\alpha$  - катоддун материалынын каршылыгынын термикалык коэффициенти.

Лабораториялык иште пайдаланылган диоддун катодунун  $0^\circ\text{C}$  дагы каршылыгы  $R_0 = 0,5 \text{ Ом}$ , ал эми анын материалынын каршылыгынын термикалык коэффициенти  $\alpha = 0,005 \text{ K}^{-1}$ , катоддун бетинин аянты  $S \approx 10 \text{ мм}^2$ .

Катодду кызытуучу ток  $I_K$  жана чыңалуу  $U_K$  4.1-сүрөттөгү  $R_K$  - потенциометринин жардамында жөнгө салынат.  $A_K$  амперметри кызытуучу токту ( $I_K$ ) өлчөйт. Ал токту өзгөртүү аркылуу катоддун температурасын өзгөртө алабыз.

Катоддун  $t^\circ\text{C}$  дагы каршылыгы

$$R = \frac{U_K}{I_K} \quad (4.12)$$

формуласы боюнча аныкталат, мында,  $U_K$  катодду кызытуу үчүн колдонулган чыңалуу, ал эми  $I_K$  андан өтүп жаткан токтун күчү (ушул ток катоддун ысышына себеп болот). (4.11) – формуладагы  $R$  дин ордуна (4.12)ни койсок, анда

$$t = \frac{U_K - R_0 I_K}{\alpha R_0 I_K}. \quad (4.13)$$

Мына ошентип,  $U_K$  жана  $I_K$  ны өлчөө аркылуу (4.13) – формула боюнча катоддун температурасын аныктай алабыз. Температураны Кельвин шкаласына өткөрүү үчүн

$$T = (t^0 + 273)K \quad (4.14)$$

барабардыгы пайдаланылат.

Экспериментте диоддон өтүп жаткан каныгуу тогунун күчүн ( $I_S$ ) жана катоддун температурасы  $T$  ны аныктап (4.9)–формула боюнча электрондун металлдан чыгуу жумушу аныкталат.

### **Ишти аткаруунун тартиби**

1. 4.2-сүрөттө көрсөтүлгөн схема боюнча электр чынжырын жыйнагыла.
2. Мультиметрди “вольтметр” режиминде ток булагынын ( $2,5 \div 4,5 B$ ) чыкма контакттарына туташтыргыла. Ток булагындагы баскычты ( $2,5 \div 4,5 B$ ) режимине которуп, чыңалууну жөнгө салуучу потенциометрдин жардамында катодго  $U_K \approx 2,5B$  кызытуучу чыңалуу бергиле да ушул учур үчүн катодду кызытуу тогун  $I_K$  өлчөп алгыла.
3. Аноддук ( $U_A$ ) чыңалууну  $10 B$  тон  $120 B$  ко чейин ( $10 B$  тук кадам менен) өзгөртүп чыңалуунун ар бир мааниси үчүн аноддук токтун маанисин - миллиамперметрдин көрсөтүүсүн ( $I_A$ ) 4.1-таблицага жазгыла.  $U_A$  ны – *вольт* менен  $I_A$  ны – *миллиампер* менен туюнтуп, диоддун вольт-ампердик мүнөздөмөсүн тургузгула.
4. Катодду кызытуучу чыңалууну алгач  $U_K \approx 3,5 B$  ко андан кийин  $U_K \approx 4,5 B$  ко чейин өзгөртүп,  $I_A(U_A)$  көз карандылыгын өлчөөнү кайталагыла.
5. Графиктерден ар бир учур үчүн каныгуу тогунун күчүн ( $I_S$ ) аныктагыла.
6. (4.13-4.14) – формулаларды колдонуп катоддун температурасын аныктагыла.
7. (4.9)–формуланын жардамында катоддун металлынан электрондун чыгуу жумушун эсептегиле жана анын теги (материалы) тууралуу божомол жасагыла.

*Вакуумдук диоддун вольт-ампердик мүнөздөмөсү. Электрондун катоддон чыгуу жумушу*

( $B =$  ,  $S =$  ,  $\alpha =$  ,  $R_0 =$  ) 4.1-таблица

	$U_K$	$I_K$		<i>Аноддук чыңалуу <math>U_A, B</math></i>											$I_S$	$t$	$T$	$A$	$\bar{A}$	$\Delta\bar{A}$
	$B$	$A$		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110						
1			$I_A$																	
2			$I_A$																	
3			$I_A$																	

**Тыянак:** Электрондун чыгуу жумушунун эксперименталдык мааниси

$A = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{ эВ}$ . Таблицалык маалыматтарды пайдаланып, изилденген вакуумдук диоддун катоду \_\_\_\_\_ жасалган деп божомолдоого болот.

### ***Билимди текшерүү үчүн суроолор***

1. Вакуумда электр тогун пайда кылуунун негизги шарттары кандай жана алар кандайча ишке ашырылат?
2. Термоэлектрондук эмиссия кубулушу жана анын колдонулуштары.
3. Вакуумдук диоддун түзүлүшү, иштөө принциби, схемада белгилениши жана колдонулушу. Дагы кандай диоддорду билесиңер, алардын өзгөчөлүктөрү.
4. Вакуумдук диоддун электроддорунун материалдарына коюлуучу талаптар жана алардын ишке ашырылышы.
5. Вакуумдук диоддун вольт-ампердик мүнөздөмөсүнө физикалык анализ.
6. Вакуумдук жана жарым өткөргүчтүк диоддорду өз ара салыштыргыла.

## 5. Күн батареясы

**Иштин максаты:** жарым өткөргүчтүн кристаллдарында өздүк жана кошулмалык электр өткөрүмдүүлүктүн пайда болуу механизмдери менен таанышуу,  $n$ - жана  $p$ - тибиндеги жарым өткөргүчтөр чектешкен аймакта жүрүүчү физикалык процесстерди окуп үйрөнүү, күн батареясынын мүнөздөмөлөрүн изилдөө.

**Иштин жабдылышы:** күн батареясы, айланма текче, аккумулятор, люминесценттик лампа, электрондук мультиметр (тестер), кара кагаз.

### **Иштин кыскача теориясы**

Күн - адамзат иштете ала турган энергия булактарынын эң эле кубаттуусу. Күн нурунун толук кубаттуулугу  $4 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$  же  $4 \cdot 10^{14} \text{ млрд} \cdot \text{ кВт}$  тартибиндеги эбегейсиз чоң цифра менен туюнтулат. Жер бетинин күн нуруна тик жайгашкан  $1 \text{ м}^2$  аянтына  $1,4 \text{ кВт}$ , ал эми Жер сферасынын ар бир  $1 \text{ м}^2$  аянтына орто эсеп менен  $0,35 \text{ кВт}$  энергия туура келет. Бирок бул энергиянын жарымынан көбү Жердин атмосферасынан жогору көздөй чагылат да кургак жердин жана океандын  $1 \text{ м}^2$  аянтына орто эсеп менен  $0,16 \text{ кВт}$  күн радиациясы келип түшөт деп эсептешет. Демек, Жердин жалпы бетине келип түшкөн күн радиациясы  $10^{14} \text{ кВт}$  же  $10^5 \text{ млрд} \cdot \text{ кВт}$  ка жакын. Бул цифра адамзаттын энергияга болгон бүгүнкү муктаждыктарынан гана эмес келечектеги керектөөлөрүнөн да миңдеген эсе ашып түшөт. Ошондуктан «Бул энергияны кандайча пайдаланууга болот?» - деген табигый, бирок өтө татаал суроо жаралат.

Күндүн энергиясын түздөн-түз электр энергиясын өндүрүү (күн радиациясын электр энергиясына өзгөртүп түзүү аркылуу) үчүн да, үйлөрдү, имараттарды жылытуу, ыссык суу менен камсыз кылуу үчүн да колдонууга болот.

Азыркы мезгилде күн нурунун энергиясын электр энергиясына өзгөртүп түзүү үчүн эки жолду пайдаланышат:

1. нурдун энергиясын түздөн түз электр энергиясына айландырууга жөндөмдүү жарым өткөргүчтүк фотоэлектрдик өзгөртүп түзгүчтөрдү (ФЭӨТ) пайдалануу;
2. кадимки (мисалы, көмүр менен иштөөчү) буу казандары күн менен ысытылуучу буу казандарына алмаштырылган электр генераторлорун түзүү.



Фотоэлектрдик өзгөртүп түзгүчтөрдүн иштөөсү *фотоэффект кубулушуна* - күн нурунун аракети менен жарым өткөргүчтүк материалда электр кыймылдаткыч күчүнүн пайда болушуна негизделген.

Фотоэффект кубулушу XIX кылымда А. Г. Столетов тарабынан ачылып, анын табияты А. Эйнштейндин 1905-жылдагы теориялык эмгегинде түшүндүрүлгөн.

Алгач өтө чоң кызыкчылыкты тышкы фотоэффект кубулушу жараткан болчу. *Тышкы фотоэффект деп жарык нурунун аракетинин натыйжасында электрондун катоддун бетинен аны курчаган вакуумга өтүшүн айтышат.*

Бул кубулуштун негизинде алгач селен, андан кийин кыйла өркүндөтүлгөн *таллий* фотоэлементтери жасалып, колдонула баштады. Бирок мындай процесстин пайдалуу аракет коэффициенттери (ПАК) өтө кичине болуп чыкты, ошондуктан ага негизделген фотоэлементтер учурда башкаруу түзүлүштөрүндө, нур каттагычтарда гана колдонулушат.

Андан аркы изилдөөлөрдөн *ички (же вентилдик) фотоэффект* кубулушуна негизделген тосмо катмардуу жарым өткөргүчтүк фотоэлектрдик өзгөртүп түзгүчтөр жасалды, алар металлдарга караганда бир кыйла натыйжалуу иштээри аныкталды.

Эгерде өткөн кылымдын 30-жылдарында жасалган алгачкы *жез-таллий* фотоэлементинин ПАКи 1% ды түзүп, ошол жылдары рекорддук жогорку көрсөткүч деп эсептелсе, кремний фотоэлементтеринин алгачкы үлгүлөрүнүн ПАКи 6% га жеткен. Мындай элементтерди пайдалануу менен күн нурунан электр энергиясын алуу боюнча жигердүү иш аракеттер башталган.

Биринчи күн *батареясы* 1953-жылы жасалган. 1958-жылы учурулган жердин жасалма жандоочусу алгачкы күн батареясы менен жабдылган болсо, алыска жайылган канаттарында бүтүндөй күн электростанциялары орнотулган конструкциялар учурдагы космос аппараттарынын ажырагыс бөлүгү болуп калды. Мындай автономдуу күн электростанциялары космонавттардын жашоо-тиричилигин камсыздоочу системаларды, станцияга орнотулган көптөгөн илимий приборлорду энергия менен узак жылдар бою үзгүлтүксүз камсыз кылып турушат.

Жерде мындай жол менен чоң өлчөмдөгү электр энергиясынын өндүрүлбөй жаткандыгынын негизги себептери төмөнкүдөй. Биринчиден, күн элементтеринин пайдалуу аракет коэффициенттери анчалык чоң эмес. Ошондуктан чоң өлчөмдөгү электр энергиясын алуу

үчүн зарыл болгон күн батареялары өтө чоң - миңдеген чарчы километр аянттарды ээлеши керек, демек, ошончолук көп сандагы күн элементтерин өндүрүү зарыл болот. Экинчиден, заманбап фотоэлементтерде колдонулуучу өтө таза материалдардын баасы өтө кымбат. Аларды жасоо үчүн өтө татаал жабдуулар, өзгөчө технологиялык процесстер колдонулат. Үчүнчүдөн, Күн нурунун Жер бетине келип түшкөндөгү тыгыздыгы өтө аз жана ал суткалык, сезондук өзгөрүүлөргө дуушар болуп турат. Ошондой болсо да, энергиянын башка булактары жок же таңкыс жерлерде күн батареяларынан алынган электр энергиясы кеңири колдонула баштады. Убакыт өткөн сайын күн нурунан алынган электр энергиясынын баасы арзандап, башка салттуу булактардан алынган энергиянын кымбаттоосу байкалууда.

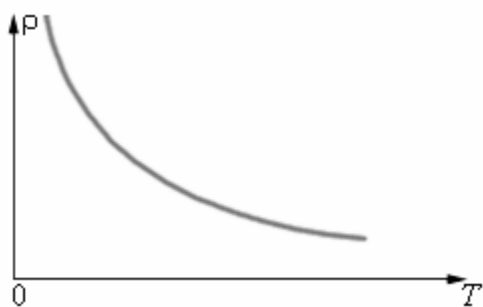
Кыргызстандагы “Кристалл” (Таш-Көмүр ш.) жарым өткөргүчтөр заводунун, Орловкадагы монокристаллдык кремний өндүрүүчү тоо-металлургиялык заводунун ийгиликтүү иштөөсү электр энергиясынын экологиялык таза булагынын практикалык кеңири колдонулушуна өбөлгө түзмөкчү.

Түрдүү материалдарда күн нурунун энергиясын электр энергиясына өзгөртүп түзүү процесстери бири-бирине окшош, алардын жалпы механизмдерин карап көрөлү.

### ***Жарым өткөргүчтөрдөгү электр тогу***

Салыштырма электрдик каршылыгынын мааниси боюнча *жарым өткөргүчтөр* жакшы өткөргүчтөр менен диэлектриктердин арасындагы абалды ээлешет. Жарым өткөргүчтөрдүн катарына көптөгөн химиялык элементтер (германий, кремний, селен, теллур, мышьяк ж.б.), куймалардын жана химиялык кошулмалардын өтө чоң тобу кирет. Бизди курчап турган дүйнөдөгү дээрлик бардык органикалык эмес заттар - жарым өткөргүчтөр. Табиятта эң кеңири тараган жарым өткөргүч болуп жер кабыкчасынын 30 % га жакынын түзүүчү кремнийдин оксиди ( $SiO_2$ ) эсептелет.

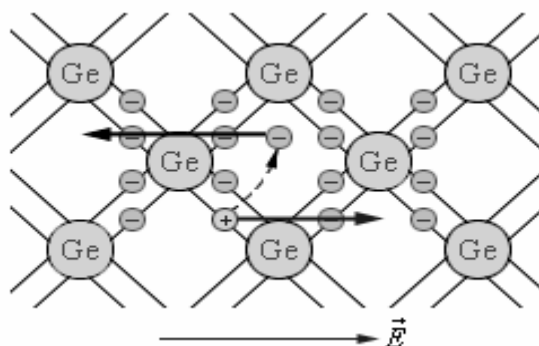
Жарым өткөргүчтөрдүн металлдардан сапаттык айырмачылыгы эң ириде салыштырма каршылыктын температурадан көз карандылыгынан байкалат. Температуранын төмөндөшү менен металлдардын каршылыгы азаят. Жарым өткөргүчтөрдө, тескерисинче, температуранын төмөндөшү менен каршылыгы өсөт жана абсолюттук нөлдүн чекебелинде алар иш жүзүндө изоляторго айланышат (5.1-сүрөт).



5.1-сүрөт. Таза жарым өткөргүчтүн салыштырма каршылыгынын ( $\rho$ ) абсолюттук температурадан ( $T$ ) көз карандылыгы

$\rho(T)$  көз карандылыгынын мындай көрүнүштө болушу жарым өткөргүчтөрдөгү эркин зарядды алып жүрүүчүлөрдүн концентрациясы турактуу калбастан, температуранын жогорулашы менен көбөйөрүн көрсөтөт. Жарым өткөргүчтөрдөгү электр тогунун табиятын эркин электрондук газдын моделинин чегинде түшүндүрүүгө болбойт. Бул процессти сапаттык түрдө германийдин (Ge) мисалында карап көрөлү. Кремний (Si) кристаллындагы токтун механизми ушуга эле окшош.

Германийдин атомдору сырткы кабыкчасында начар байланышкан төрт электронго ээ. Аларды *валенттик электрондор* деп аташат. Кристаллдык торчодо ар бир атом төрт жакынкы кошуналары менен курчалат. Германийдин кристаллындагы атомдордун өз ара байланышы *коваленттик* мүнөзгө ээ, б.а. валенттик электрондордун түгөйлөрү аркылуу ишке ашырылып турат. Кристаллда ар бир валенттик электрон бир убакта коңшулаш эки атомго тиешелүү болот (5.2-сүрөт). Германий кристаллындагы валенттик электрондор ал атомдор менен металлдардагыга караганда күчтүрөөк байланышкан; ошондуктан бөлмө температурасында жарым өткөргүчтөрдөгү *өткөрүмдүүлүктү камсыздаган электрондордун* концентрациясы металлдардагыга караганда жүз миңдеген эсе аз болот. Абсолюттук нөлгө жакынкы температураларда германий кристаллынын бардык электрондору байланышты түзүүгө катышып, бош эмес болушат. Мындай кристалл электр тогун өткөрбөйт.



5.2-сүрөт. Германий кристаллындагы жупташкан электрондук байланыштар жана электрондук-көзөнөктүк түгөйдүн пайда болушу.

Температура жогорулаганда валенттик электрондордун айрым бир бөлүгү коваленттик байланыштарды үзүүгө жетишерлик энергия алышы мүмкүн. Анда кристаллда эркин электрондор (*өткөрүмдүүлүк электрондору*) пайда болот. Ошол эле убакта байланыш үзүлгөн жерлерде электрону жок бош орундар (вакансиялар) түзүлөт. Бул вакансиялар *көзөнөктөр* деген аталышка ээ болушкан. Бош орун коңшулаш түгөйлөрдүн валенттик электрону тарабынан ээлениши мүмкүн, анда көзөнөк кристаллдагы жаңы орунга которулат. Берилген температурада жарым өткөргүчтө бирдик убакыт ичинде белгилүү сандагы электрондук-көзөнөктүк түгөй пайда болот. Ошол эле учурда тескери процесс да кошо жүрөт – кыймылдагы эркин электрон көзөнөккө кезигип кармалат да германийдин атомдорунун ортосунда электрондук байланыш калыбына келет. Бул процесс *рекомбинация* деп аталат. Электрондук-көзөнөктүк түгөйлөр жарым өткөргүчтөргө жарык түшкөндө, электромагниттик нурдун энергиясынын эсебинен да пайда болушу мүмкүн. Сырткы электр талаасы жок кезде өткөрүмдүүлүк электрондору жана көзөнөктөр баш аламан жылуулук кыймылына катышышат.

Эгерде жарым өткөргүчтү электр талаасына жайгаштырса анда эркин электрондор гана эмес, өздөрүн оң заряддалган бөлүкчөлөр сыяктуу алып жүргөн көзөнөктөр да иреттелген кыймылга катыша башташат. Ошондуктан жарым өткөргүчтөрдөгү  $I$  тогу электрондук  $I_n$  жана көзөнөктүк  $I_p$  токторунун кошулуусунан түзүлөт:

$$I = I_n + I_p.$$

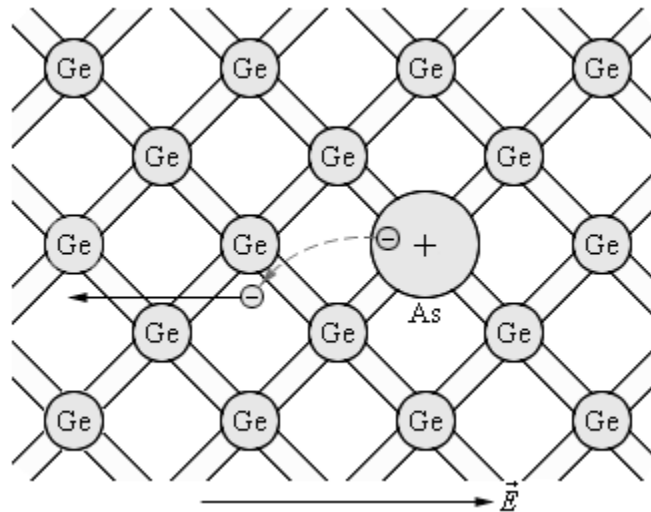
Жарым өткөргүчтөгү өткөрүмдүүлүк электрондорунун концентрациясы көзөнөктөрдүн концентрациясына барабар:  $n_n = n_p$ .  
Өткөрүмдүүлүктүн электрондук – көзөнөктүк механизми таза (б.а кошулмасыз) жарым өткөргүчтөрдө гана байкалат. Ал жарым өткөргүчтөрдүн *өздүк өткөрүмдүүлүгү* деп аталат.

Кошулма кошулган кезде жарым өткөргүчтөрдүн электр өткөрүмдүүлүгү аябай өзгөрөт. Мисалы, кремнийдин кристаллына 0,001 атомдук пайыз өлчөмүндө фосфордун кошулмасын киргизүү анын салыштырма каршылыгын беш даражадан (100 000 эседен) көбүрөөк азайтат. Кошулмалардын мындай өтө чоң таасири жарым өткөргүчтөрдүн түзүлүшү жөнүндөгү жогоруда сөз болгон көз караштардын негизинде түшүндүрүлүшү мүмкүн.

*Кошулмаларды киргизгенде жарым өткөргүчтүн салыштырма каршылыгынын кескин азайышынын зарыл шарты болуп кошулманын атомдорунун валенттүүлүгүнүн кристаллдын негизги атомдорунун валенттүүлүгүнөн айырмачылыгы эсептелет.*

Кошулма киргизилген жарым өткөргүчтөрдүн өткөрүмдүүлүгү *кошулмалык өткөрүмдүүлүк* деп аталат. Эки түрдөгү кошулмалык өткөрүмдүүлүктү (электрондук жана көзөнөктүк) айырмалашат.

Электрондук өткөрүмдүүлүк германийдин төрт валенттүү атомдоруна түзүлгөн кристаллга беш валенттүү атомдор (мисалы, мышьяктын As атомдору) киргизилген учурда пайда болот.

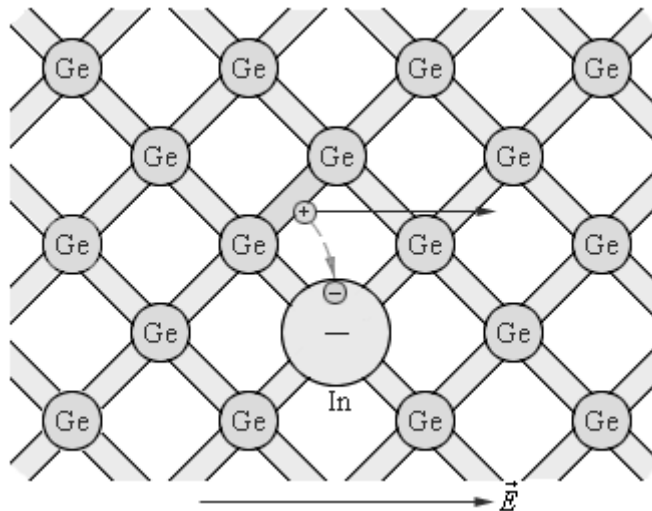


5.3. –сүрөт. Германийдин торчосундагы мышьяктын атому.  $n$ -тибиндеги жарым өткөргүч.

5.3-сүрөттө германийдин кристаллдык торчосунун түйүнүндө жайгашып калган мышьяктын беш валенттүү атому көрсөтүлгөн. Мышьяктын атомунун валенттик төрт электрону германийдин коңшулаш төрт атому менен коваленттик байланышты түзүүгө катышат. Ашып калган бешинчи валенттик электрон мышьяктын атомунан жеңил ажырап, эркин боло алат. Электронун жоготкон атом кристаллдык торчонун түйүнүндө жайгашкан оң ионго айланат. Жарым өткөргүчтүн кристаллынын негизги атомдорунун валенттүүлүктөрүнөн чоң валенттүүлүккө ээ болгон атомдордун кошулмасы *донордук кошулма* деп аталат. Аны киргизүүнүн натыйжасында кристаллда бир кыйла көп сандагы бош электрондор пайда болот. Бул жагдай жарым өткөргүчтүн салыштырма каршылыгынын кескин - миндеген, миллиондогон эсе азайышына алып келет. Көп кошулманы камтыган жарым өткөргүчтүн салыштырма каршылыгы металл өткөргүчүнүн салыштырма каршылыгына жакындап барат.

Германийдин мышьяк кошулган кристаллында анын өздүк өткөрүмдүүлүгүнө жооптуу электрондор жана көзөнөктөр да бар. Бирок эркин зарядды алып жүрүүчүлөрдүн негизги тиби болуп мышьяктын атомдоруна бошонушкан электрондор эсептелишет. Мындай кристаллда  $n_n \gg n_p$ . Мындай өткөрүмдүүлүк *электрондук*

өткөрүмдүүлүк, ал эми электрондук өткөрүмдүүлүккө ээ болгон жарым өткөргүч - *p*-тибиндеги жарым өткөргүч деп аталат.



5.4.-сүрөт. Германийдин торчосундагы индийдин атому. *p*-тибиндеги жарым өткөргүч.

Көзөнөктүк өткөрүмдүүлүк германийдин кристаллына үч валенттүү атомдорду (мисалы, индийдин *In* атомдорун) киргизгенде пайда болот. 5.4-сүрөттө өзүнүн валенттик электрондорунун жардамында коңшулаш германийдин үч атому менен гана байланыш түзө алуучу индийдин атому көрсөтүлгөн. Германийдин төртүнчү атому менен байланыш түзүүгө индийдин атомунда электрон жетишпейт. Бул жетишпеген электронду индийдин атому германийдин башка коңшу атомдорунун коваленттик байланыштагы электрондорунан үзүп, кошуп алышы мүмкүн. Бул учурда индийдин атому кристаллдык торчонун түйүнүндө жайгашкан терс ионго айланат, ал эми коңшулаш атомдордун коваленттик байланышында вакансия түзүлөт. Электрондорду өзүнө кошуп алууга жөндөмдүү атомдордун кошулмасы *акцептордук кошулма* деп аталат. Акцептордук кошулмаларды киргизүүнүн натыйжасында кристаллдагы көптөгөн коваленттик байланыштар үзүлөт жана ваканттык орундар (көзөнөктөр) пайда болот. Бул орундарга коңшулаш коваленттик байланыштагы электрондордун секирип өтүшү көзөнөктөрдүн кристаллдын ичинде баш аламан «жылышына» алып келет.

Акцептордук кошулмалар көп сандагы эркин көзөнөктөрдү пайда кылышынын эсебинен жарым өткөргүчтүн салыштырма каршылыгын кескин төмөндөтөт. Акцептордук кошулмалуу жарым өткөргүчтөгү көзөнөктөрдүн концентрациясы андагы өздүк электр өткөрүмдүүлүк механизми боюнча пайда болгон электрондордун концентрациясынан бир кыйла көп:  $n_p \gg n_n$ . Мындай типтеги өткөрүмдүүлүк *көзөнөктүк*

*өткөрүмдүүлүк* деп аталат. Көзөнөктүк өткөрүмдүүлүккө ээ болгон кошулмалуу жарым өткөргүч *p*-тибиндеги жарым өткөргүч деп аталат. *p*-тибиндеги жарым өткөргүчтөрдө негизги эркин зарядды алып жүрүүчүлөр болуп көзөнөктөр эсептелишет.

Көзөнөктүк өткөрүмдүүлүк чындыгында коваленттик байланышты камсыздаган электрондордун германийдин бир атомуна башкасына вакансиялар боюнча кезектешип жылышуусу аркылуу шартталгандыгын баса белгилей кетүү зарыл. *n*-жана *p*-тибиндеги жарым өткөргүчтөр үчүн Омдун закону эркин зарядды алып жүрүүчүлөрдүн концентрациясы турактуу сакталган шартта ток күчүнүн жана чыңалуунун белгилүү бир интервалдарында гана аткарылат.

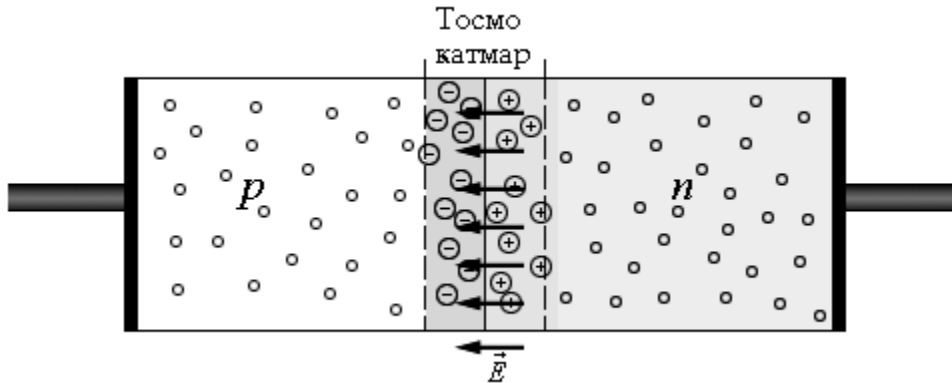
### ***Электрондук – көзөнөктүк өтмөк***

Азыркы электрондук техникада жарым өткөргүчтүк приборлор өзчөчө ролду ойношот. Акыркы отуз-кырк жылдын ичинде алар электровакуумдук приборлорду дээрлик толук сүрүп чыгарышты.

Ар кандай жарым өткөргүчтүк прибордо бир же бир нече электрондук-көзөнөктүк өтмөк бар. *Электрондук – көзөнөктүк өтмөк* (*n – p – өтмөгү*) - бул түрдүү типтеги өткөрүмдүүлүккө ээ болушкан эки жарым өткөргүчтүн өз ара тыгыз чектешкен (контакт) аймагы.

*n*-тибиндеги жарым өткөргүчтө эркин заряддын негизги ташуучулары (б.а көпчүлүктү түзгөн заряддар) болуп электрондор эсептелишет; алардын концентрациясы көзөнөктөрдүн концентрациясынан бир кыйла көп ( $n_n \gg n_p$ ). *p*-тибиндеги жарым өткөргүчтө негизги заряд ташуучулар болуп көзөнөктөр эсептелишет ( $n_p \gg n_n$ ). *n*- жана *p*-тибиндеги эки жарым өткөргүчтү өз ара тийиштиргенде диффузия процесси жүрөт: көзөнөктөр *p*- аймагынан *n*-аймагына, ал эми электрондор, тескерисинче, *n*- аймагынан *p*-аймагына өтө башташат. Натыйжада, *n*-аймагынын контакт зонасына жакын бөлүгүндө электрондордун концентрациясы азайып, оң заряддалган катмар түзүлөт. *p*- аймагында көзөнөктөрдүн концентрациясы азайып, терс заряддалган катмар түзүлөт. Мына ошентип, өткөргүчтөр чектешкен жерде кош электрдик катмар түзүлөт, анын электр талаасы электрондор менен көзөнөктөрдүн бирин-бири утурлай жылган диффузия процессине каршылык көрсөтө баштайт (5.5-сүрөт). Түрдүү типтеги өткөрүмдүүлүккө ээ болушкан жарым өткөргүчтөрдү ажыратып турган чек аралык аймак (*тосмо катмар*) адатта ондогон жана жүздөгөн

атомдор аралык тартиптеги калыңдыкка жетет. Бул катмардын көлөмдүк заряддары  $p$  жана  $n$ -аймактарынын арасында тосуучу  $U_s$  чыңалуусун пайда кылышат. Анын чоңдугу германийдеги  $n-p$  өтмөктөрү үчүн болжол менен  $0,35$  В, ал эми кремнийде  $0,6$  В ко жетет.  $n-p$ - өтмөгү бир тараптуу өткөрүмдүүлүк касиетине ээ.



5.5-сүрөт.  $p$ - жана  $n$ -тибиндеги жарым өткөргүчтөр өз ара тийишкен аймакта тосмо катмардын пайда болушу.

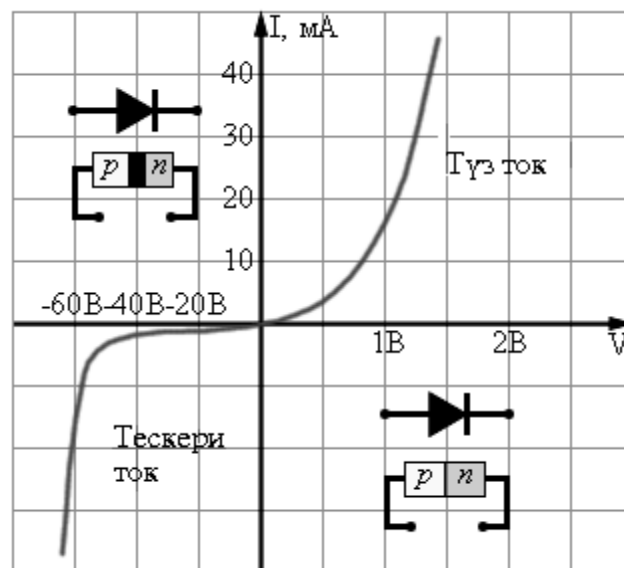
Эгерде  $n-p$ -өтмөктүү жарым өткөргүчтү ток булагына анын оң уюлу  $n$ -аймагы, ал эми терс уюлу  $p$ -аймагына туташкандай кылып кошсок, анда тосмо катмардагы талаанын чыңалышы өсөт.  $p$  аймагындагы көзөнөктөр жана  $n$  аймагындагы электрондор  $n-p$ -өтмөгүнөн алысташып, б.а. тосмо катмар кеңейип, андагы заряддын негизги эмес (көмөкчү) ташуучуларынын концентрацияларынын көбөйүшүнө алып келишет. Натыйжада  $n-p$ -өтмөгү аркылуу ток дээрлик өтпөйт.  $n-p$ -өтмөгүнө берилген чыңалууну бул учурда *тескери* чыңалуу деп аташат. Тескери багытта өтүүчү өтө кичине (алсыз) ток жарым өткөргүчтүү материалдардын өздүк өткөрүмдүүлүгү менен, б.а. анча көп эмес концентрациядагы эркин электрондордун  $p$ -аймагында жана көзөнөкчөлөрдүн  $n$ -аймагында бар болушу менен шартталган.

Эгерде  $n-p$ -өтмөгүн ток булагы менен, анын оң уюлу  $p$ -аймагында, ал эми терс тогу -  $n$ -аймагында туташкандай кылып бириктирсек, анда тосмо катмардагы электр талаасынын чыңалышы азайып, б.а. катмар жукарып, зарядды негизги ташуучулардын контактык катмар аркылуу өтүшүн жеңилдетет.  $p$ -аймагындагы көзөнөктөр жана  $n$ -аймагындагы электрондор бирин-бирин утурлай жылып кыймылдашып, *түз багыттагы токту* пайда кылуу менен  $n-p$ -өтмөгүн кесип өтүшөт.  $n-p$ -өтмөгү аркылуу өтүүчү токту күчү бул учурда ток булагынан берилген чыңалуунун көбөйүшү менен өсөт.



$n - p$ -өтмөгүнүн токту дээрлик бир багытта өткөрүү жөндөмдүүлүгү *жарым өткөргүчтүк диоддор* деп аталуучу приборлордо колдонулат. Жарым өткөргүчтүк диоддорду кремнийдин же германийдин кристаллдарынан жасашат. Аларды жасоодо кайсы бир типтеги өткөрүмдүүлүккө ээ болгон кристаллга башка типтеги өткөрүмдүүлүктү камсыз кылуучу кошулманы эритип киргизишет.

Жарым өткөргүчтүк диоддор түзөткүчтөрдө өзгөрүлмө токту турактуу токко өзгөртүп түзүү үчүн пайдаланылат. Кремний диодунун вольт-ампердик мүнөздөмөсү 5.6 – сүрөттө көрсөтүлгөн.



5.6- сүрөт. Кремний диодунун вольт- ампердик мүнөздөмөсү. Графикте оң жана терс чыңалуулар үчүн түрдүүчө шкалалар пайдаланылган.

Жарым өткөргүчтүк диоддор вакуумдук диоддорго караганда көптөгөн артыкчылыктарга ээ - өлчөмдөрү өтө кичине, узак мөөнөткө кызмат кылат, механикалык жактан бышык ж.б. Жарым өткөргүчтүк диоддордун эң маанилүү кемчилиги болуп алардын параметрлеринин температурадан көз карандылыгы эсептелет. Кремний диоддору, мисалы, температуранын  $-70^{\circ}\text{C}$  дан  $80^{\circ}\text{C}$  га чейинки диапазонунда гана канааттандырарлык иштеши мүмкүн. Германий диоддорунун иштөө температурасынын диапозону бир кыйла кененирээк.

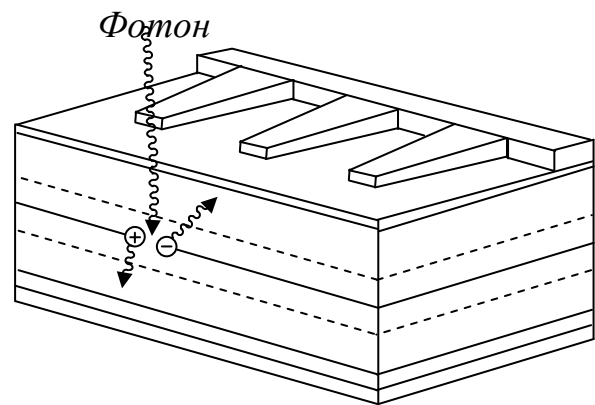
Бир эмес эки  $n - p$ -өтмөктүү жарым өткөргүчтүк приборлор *транзисторлор* деп аталат.

## ***Күн батареясынын түзүлүшү жана иштөө принциби***

Күн элементи, маңызы боюнча, чоң аянттуу жарым өткөргүчтүк диод болуп эсептелет. Нурдануунун кванты – фотон жутулганда күн элементинде эркин, тең салмаксыз заряд ташуучулар – электрондор жана көзөнөктөр пайда болушат. Алар элементтин ичиндеги p-n-өтмөгүнүн электр талаасынын аракетинен эки тарапка бөлүнүшөт: p-аймагы терс, ал эми n-аймагы оң заряддалат. Күн элементиндеги чыңалуу (0,5 ÷ 1,0)В ту түзүп, жарым өткөргүчтүн материалынын тыюу салынган энергетикалык зонасынын кеңдиги менен чектелет.

5.7-сүрөттө күн элементинин түзүлүшү схемасы берилген. Ал бир нече катмардан турат. Күн элементинин калыңдыгы анын ага түшүүчү күндүн жарыгын жутуу жөндөмдүүлүгүнө жараша аныкталат. Жарым өткөргүч материалдардын жарыкты жутуу жөндөмдүүлүктөрүнүн ар түрдүүлүгү алардын атомдук түзүлүшүндөгү айырмачылыктар менен түшүндүрүлөт. Жарым өткөргүчтүк приборлордун иштешинин эффективдүүлүгү колдонулган материалдын сапатынан өтө күчтүү көз каранды, кошулмалардын болушу күн элементинин касиеттерин жакшыртышы да, өтө начарлатып жиберети да мүмкүн. Ошондуктан колдонулуучу материалдардын тазалыгына өтө катуу талаптар коюлат. Мисалы, кремнийдин тазалыгы 99,99%дан төмөн болбошу керек, аларды тазалоо үчүн татаал технологиялар колдонулгандыктан, күн элементтерин өндүрүү азырынча кымбатка түшүүдө.

Күн элементинин энергетикалык кайтарымы жарым өткөргүчтүн активдүү областындагы жутуу спектри жана p-n-өтмөктүн элементтин күнгө караган бетинен эсептелген тереңдиги менен аныкталат. Кремний кристаллынан жасалган элемент күндүн спектринин ультракызылткөк областынын бөлүгүн, көзгө көрүнүүчү жана жакынкы инфракызыл областтарды дээрлик толук камтуучу узундугу 0,35 тен 1 мкм ге чейинки диапазондогу жарыкты сезе алат. Элементтин ысып кетиши, жарыктын чагылышы жана айрым фотондордун жарым өткөргүч тарабынан жутулбай калышы сыяктуу жоготуулардын натыйжасында кремнийден жасалган күн элементинин ПАКинин теориялык чеги 28%га жакын. Элементтин ичиндеги кошумча жоготуулар ПАКтин чыныгы маанисинин мындан кыйла төмөн болушуна алып келет.

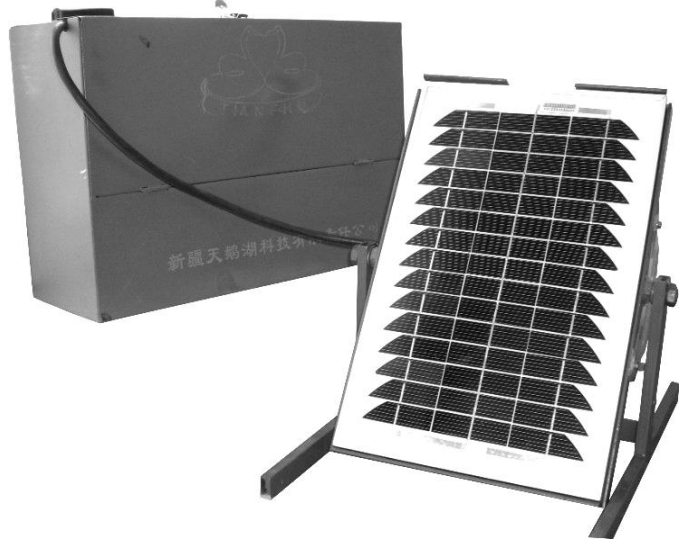


*5.7-сүрөт. Күн элементинин түзүлүшүнүн схемасы.*

Жоготууларды азайтып, ПАКти жогорулатуу үчүн, мисалы, күн элементинин жумушчу бетин тунуктандыруучу кабыкча менен каптоо, күн нурун топтоп, элементке багыттоо сыяктуу көптөгөн айла-амалдарды колдонушат. Натыйжада жарым өткөргүч аркылуу өтүүчү жарыктын үлүшү, демек, р-п-өтмөгүнө жетүүчү фотондордун саны көбөйөт.

Акыркы мезгилдерде фотоэлементтерди жасоо үчүн бир катар жаңы материалдарды колдонууга мүмкүнчүлүк түзүлдү. Алардын өтө келечектүүлөрүнүн бири – аморфтук кремний. Ал регулярдуу структурага ээ эмес, анын жарыкты жутуу жөндөмдүүлүгү кристаллдык кремнийге караганда бир кыйла жогору. Фотоэнергетиканын керектөөлөрү үчүн аларды өтө жука, 0,5 мкм ге жакын калыңдыктагы пленкалар түрүндө пайдаланууга болот. Аморфтук кремниден элемент жасоого аз материал сарпталат, аны даярдоонун технологиясы да жөнөкөй, ошондуктан алар кыйла арзан. Интернет баракчаларында күн батареяларынын уячаларын түзүү үчүн жарыкты эң көп жутууга жөндөмдүү көп катмардуу *наноөткөргүчтөр*, атайын боектордун жука катмарлары сунуш кылынган маалыматтар пайда боло баштады.

Өнөр жайлык шарттарда өз ара бириктирилген элементтердин герметикалык тутуму *фотоэлектрдик модуль* деп аталат. Автономдук режимде иштегенде керектүү кубаттуулукту жана чыңалууну алуу үчүн модулдарды күн батареяларына бириктиришет, аларды аккумуляторлор жана электрондук жөнгө салгычтар менен жабдышат.



5.8-сүрөт. Күн батареясы.

### ***Ишти аткаруунун тартиби***

1. Күн батареясы, аккумулятор, люминесценттик лампа жана өлчөгүч куралдардын түзүлүшү, негизги мүнөздөмөлөрү, аларды өз ара туташтыруунун жана колдонуунун жолдору менен таанышкыла.
2. Күн батареясын атайын текчеге орнотуп, анын тегиздигин Күндүн (бөлмөдөгү кызытма лампанын же жарыктын башка булагынын) жарык нуруна карата тик ( $\alpha = 0^\circ$ ) жайгаштыргыла.
2. Электрондук мультиметрди «вольтметр» режимине которуп, күн батареясында түзүлүүчү фотоэлектрдик кыймылдаткыч күчүн (ФЭКК)

өлчөөгө ылайыктуу чынжыр түзгүлө. Жарык нурунун интенсивдүүлүгүнө жараша вольтметрдин сезгичтигин өзгөртүп тандоого машыккыла.

3. Жогорудагы электр чынжырын, айланма текчени, кара кагазды же кара кездемени пайдаланып күн батареясынын клеммаларында түзүлгөн ФЭККнүн

- анын бетинин активдүү (жарыктанган) бөлүгүнүн аянтынан ( $\alpha = 0^0$ ),
- жарык нурунун күн батареясынын бетине түшүү бурчунан ( $S = S_{\max}$ ) көз карандылыгын изилдегиле. Эксперименттин натыйжаларын тиешелүү түрдө 5.1- жана 5.2-таблицаларга түшүргүлө.

*Күн батареясында түзүлүүчү ФЭККнын анын активдүү аянтынан көз карандылыгы ( $\alpha = 0^0$ )*

5.1-таблица

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$S, \text{см}^2$															
$\mathcal{E} \rightarrow$															
$\mathcal{E} \leftarrow$															
$\bar{\mathcal{E}}$															

*Күн батареясында түзүлүүчү ФЭККнын жарыктын түшүү бурчунан көз карандылыгы ( $S = S_{\max} =$  )*

5.2-таблица

$\alpha^0$	$0^0$	$15^0$	$30^0$	$45^0$	$60^0$	$75^0$	$90^0$
$\varphi^0$ (транспортир)							
$\mathcal{E}$							

4. Таблицалардагы маалыматтарды пайдаланып  $\mathcal{E}(S)$  жана  $\mathcal{E}(\alpha)$  көз карандылыктарынын графиктерин тургузгула жана ар бир учур үчүн тиешелүү тыянактарды жасагыла.



5. Мультиметрди (“амперметр” режиминде), күн батареясын жана комплекттин курамындагы люминесценттик лампаны өз ара удаалаш туташтыргыла жана чынжырдагы фототоктун күчүн өлчөгүлө. Ток күчүнүн чоңдугунун күн элементинин абалынан көз карандылыгын байкагыла жана тиешелүү тыянак жасагыла.

6. Чынжырды ажыратып, люминесценттик лампаны жана мультиметрди өз кутучаларындагы орундарына жайгаштыргыла.

### ***Билимди текшерүү үчүн суроолор***

1. Күн элементинин иштөөсү кайсы физикалык кубулушка негизделет жана аны кыскача түшүндүргүлө.

2. Күн нурунун энергиясын түздөн-түз электр энергиясына өзгөртүп түзүп пайдалануунун экономикалык жана экологиялык мааниси.

3. Жарым өткөргүчтөрдүн өздүк электр өткөрүмдүүлүгү деп эмнени айтабыз? Электрондук жана көзөнөктүк өткөрүмдүүлүккө ээ болушкан жарым өткөргүчтөрдү алуунун жолдору жана практикалык мааниси.

4. Электрондук-көзөнөктүк өтмөктүн өзгөчөлүктөрүн кандай максаттарда колдонууга болот? Жообуңарды мисалдар менен бышыктагыла.

5. Күн батареясынын кубаттуулугун, ПАКин жогорулатуу, андан алынуучу энергиянын өздүк наркын арзандатуу багытында кандай аракеттерди сунуш кыла аласыңар?

6. Күндүн абалынын суткалык жана жылдык өзгөрүүлөрүнүн күн батареясынын иштөөсүнө таасири жана аны эсепке алуунун жолдору.

7. Кыргыз Республикасында күн батареясын колдонуунун абалы кандай жана аны кандайча жайылтуу керек деп эсептейсиңер?

## 6. Жердин магнит талаасынын чыңалышынын горизонталдык түзүүчүсүн аныктоо

**Иштин максаты:** Жердин магнит талаасынын физикалык табиятын окуп үйрөнүү, анын чыңалышынын горизонталдык түзүүчүсүн аныктоо.

**Иштин жабдылышы:** Айланма (тегерек) ток курулмасы, компас, миллиамперметр, реостат, ачкыч, турактуу токтун булагы.

### *Иштин кыскача теориясы*

Жер планетасы магниттик талаага ээ. Ал *негизги* же *турактуу* (анын үлүшү ~99%) жана *өзгөрүлмө* (~1%) түзүүчүлөрдөн турат. Жердин *негизги магнит талаасы* анын бетинен  $\sim 3R_{\text{жс}}$  ( $R_{\text{жс}}$  - Жердин радиусу) бийиктиктерге чейин созулуп, формасы боюнча борбору Жердин борборуна салыштырмалуу жылып жайгашкан, ал эми огу Жердин айлануу огуна  $11,5^\circ$  тук бурч менен жантайган диполдун талаасына жакын. Ошондуктан геомагниттик уюлдар географиялык уюлдардан  $11,5^\circ$  ка алыс жана түндүк жарым шарда магнит талаасынын түштүк уюлу (магниттик индукция вектору уюлда төмөн көздөй багытталган) жайгашкан. Диполдун магниттик моментинин чоңдугу азыркы учурда  $8,3 \cdot 10^{22} \text{ А} \cdot \text{м}^2$  ты түзөт. Жердин бетине жакын чекиттердеги магниттик индукциянын орточо мааниси  $5 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$ . Жердин магнит талаасынын чыңалышы магниттик уюлдардан ( $55,7 \text{ А/м}$  же  $0,70 \text{ Э}$ ) магниттик экваторду ( $33,4 \text{ А/м}$  же  $0,42 \text{ Э}$ ) көздөй азайып барат. Негизги магнит талаасы убакыттын өтүшү менен өтө жай өзгөрүүлөргө (*кылымдык вариацияларга*) дуушар болуп турат. Түрдүү геологиялык доорлордо геомагниттик талаанын уюлдары түрдүүчө жайгашкан, б.а. Жердин негизги магнит талаасынын уюлдары жер бетинде жылып, жүз миңдеген жылдардан ондогон миллион жылдарга жеткен мезгил менен орун алмашып турушат.

Жердин бетинин айрым бөлүктөрүндө магнит талаасы диполдун магнит талаасынан айырмалангандыгы байкалат. Мындай четтөөлөр ал байкалган бөлүктөрдүн өлчөмдөрүнө жараша *дүйнөлүк* ( $\sim 10^4 \text{ км}$ ,  $\leq 10^{-5} \text{ Тл}$ , мисалы, Бразилиялык, Сибирдик, Канадалык) жана *жергиликтүү* ( $1 \sim 100 \text{ км}$ ,  $\approx 2 \cdot 10^{-7} \text{ Тл}$ , мисалы, Курск) *магниттик аномалиялар* деген ат менен белгилүү. Магниттик аномалиялар Жердин кабыкчасын түзгөн тоо тектеринин магниттелүүсү менен байланышкан. Анткени дээрлик бардык эле тоо тектери белгилүү өлчөмдө курамында темирдин окиси болгон ферромагниттик минералдарды камтыйт. Бул минералдар

Жердин магнит талаасында магниттелишип, аномалияларды пайда кылышат. Ошондуктан пайдалуу кен байлыктарын издөө, Жер кабыкчасынын 20-50км ге чейинки тереңдиктердеги түзүлүшүн үйрөнүү үчүн Жердин магнит талаасынын аномалияларын изилдөөнүн мааниси өтө чоң.

Жердин магнит талаасы *күн шамалы* менен бирдикте *магнитосфераны* – электрдик, магниттик талаалардын жана заряддуу бөлүкчөлөрдүн агымдарынын байланышкан татаал системасын түзөт. Магнитосфера Жер бетинин күндүзгү жана түнкү бөлүктөрүнө карата симметриялуу эмес: Жердин Күн тарабындагы магнит талаасы күн шамалынын аракетин менен  $\sim 10R_{жс}$  чалык аралыктарга чейин кысылат, ал эми түнкү бөлүгү миллиондогон км ге созулган узун «куйрукка» ээ. Жердин магнит талаасынын  $\leq 3R_{жс}$  чейинки аралыктарда жайгашкан туюк сызыктары *радиациялык алкактарды* түзүүчү заряддуу бөлүкчөлөр үчүн *геомагниттик тузактын* кызматын аткарышат.

Ионосферада жана магнитосферада агуучу электр токтору Жердин магнит талаасынын *өзгөрүлмө* компонентасын түзүшөт. Анын чоңдугу  $10^{-7} Тл$  дан (же  $\sim 1\%$ ) ашпайт, туруксуз жана убакыттын өтүшү менен мезгилдүү (бир нече секундadan бир нече күнгө чейинки) өзгөрүүлөргө дуушар болот. Магниттик вариациялардын чоңдугу жана мүнөзү күн шамалынын мүнөздөмөлөрүнөн да, магнитосферанын түрдүү бөлүктөрүндө жүрүүчү магнитогидродинамикалык процесстерден да көз каранды болот.

Магнитосферада күчтүү өзгөрүүлөр – *магниттик бороондор* жүргөн кезде Жердин атмосферасында уюлдук жаркыроолор, ионосфералык өзгөрүүлөр, рентгендик жана төмөнкү жыштыктагы нурдануулар байкалат.

Магнитосферада жана ионосферада жүрүүчү процесстерди изилдөө радиотолкундардын таралуу шарттарын, Жердин жасалма спутниктери учкан бийиктиктердеги радиациялык коркунучтарды ж.б. аныктоо үчүн өтө маанилүү. Жердин магнит талаасынын өзгөрүлмө компонентасынын айрым вариациялары тирүү организмдерге таасир этиши мүмкүн, алар атмосферадагы процесстерге жана аба ырайынын калыптанышына да кандайдыр бир деңгээлде таасир этишет деп айтууга болот.

Жердин негизги, б.а. турактуу магнит талаасына ээ болушун, бүгүнкү күндө, планетанын суюк ядросунда жүрүүчү процесстер – электр өткөрүмдүүлүгүнө ээ болгон заттын конвективдүү кыймылы менен (*гидромагниттик динамо* теориясы) түшүндүрөбүз.

Жердин магнит талаасын, анын жер бетинде бөлүштүрүлүшүн, мейкиндиктик структурасын (Жердин магнитосферасын, радиациялык

алкактарын) жана планеталар аралык магнит талаасы менен өз ара аракеттенишүүсүн, анын пайда болушунун маселелерин окуп үйрөнүүчү геофизиканын бөлүмү - *геомагнетизм* деп аталат.

Мейкиндиктин жердин бетине жакын чекиттеринде магнит талаасынын мүнөздөмөлөрүн аныктоого аракет кылып көрөлү. Берилген чекиттеги Жердин магнит талаасынын чыңалышынын ( $\vec{H}$ ) горизонталдык түзүүчүсү *айланма токтун* методунун жардамында өтө жеңил аныкталат.

Био-Савар-Лапластын закону боюнча радиусу  $R$  болгон шакек түрүндө ийилген өткөргүч аркылуу күчү  $I_0$  ге барабар турактуу ток өткөндө («*айланма же тегерек ток*») анын борборунда түзүлгөн магнит талаасынын чыңалышынын чоңдугу

$$H_{T1} = \frac{I_0}{2R} \quad (6.1)$$

формуласы боюнча аныкталат. Айланма токту түзүүчү шакектеги өткөргүчтүн оромдорунун саны ( $N$ ) канчалык көп болсо, анын борборунда ошончолук күчтүү талаа түзүлөт:

$$H_{TN} = \frac{I_0 N}{2R} = \frac{I}{2R}, \quad (6.2)$$

мында  $I = I_0 N$  - шакектеги жалпы ток күчү, ал эми

$I_0$  - амперметр көрсөткөн токтуун күчү,

$N$  - шакектеги өткөргүчтүн оромдорунун саны.

Айланма токтуун борборундагы магнит талаасынын чыңалышынын багыты «оң бурама» эрежеси боюнча аныкталат: *бураманын сабынын айлануу тегиздиги айланма токтуун тегиздигине жарыш, ал эми айлануу багыты андагы токтуун багытына дал келсе, анда бураманын алга умтулуу кыймылынын багыты айланма токтуун борборунда түзүлгөн магнит талаасынын багытын көрсөтөт.*

Демек, айланма токтуун борборунда түзүлүүчү магнит талаасынын чыңалышынын чоңдугун да, багытын да билебиз деп айтууга болот. Ал эми бул чекиттеги Жердин магнит талаасынын чыңалышынын горизонталдык түзүүчүсүнүн багытын компастын жардамында биле алабыз. Анткени, Жердин магнит талаасы компастын магниттик жебесине аны Жердин магниттик меридианынын тегиздигинде жайгаштырууга багытталган кош күч менен аракет кылат. Ошондуктан, магниттик аномалиялар жок чекиттерде, компастын магниттик жебеси дайыма Жердин магниттик уюлдарын көрсөтүп турат.

Эгерде магнит жебеси жайгашкан чекитте, мисалы, айланма токтуун жардамында кошумча магнит талаасын түзсөк, анда жебе, талаалардын суперпозиция принциби боюнча, натыйжалоочу талаанын



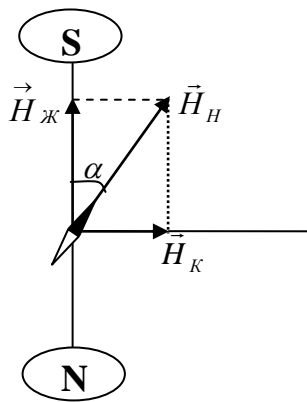
чыңалышынын багытын бойлото бурулуп жайгашат. Кошумча талаа Жердин талаасына перпендикуляр болгон жекече учур үчүн вектордук диаграмма 6.1-сүрөттөгүдөй көрүнүштө болот. Натыйжалуучу талаанын чыңалышы айрым талаалардын чыңалыштарынын вектордук суммасына барабар:

$$\vec{H}_H = \vec{H}_Ж + \vec{H}_K. \quad (6.3)$$

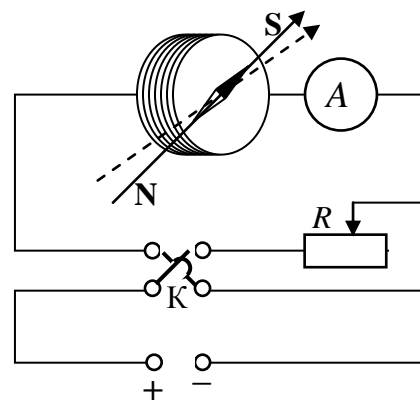
Жактары  $H_Ж$  жана  $H_K$  болгон тик бурчтуу үч бурчтуктан Жердин магнит талаасынын чыңалышынын горизонталдык түзүүчүсүнүн чоңдугу төмөнкүдөй аныкталат:

$$H_Ж = H_K \operatorname{ctg} \alpha, \quad (6.4)$$

мында  $\alpha$  - магниттик жебе бурулган бурч.



6.1-сүрөт. Магнит жебесине аракет эткен талаалардын вектордук диаграммасы.



6.2-сүрөт. Айланма ток курулмасынын электрдик схемасы.

Мына ошентип, магнит жебесине чыңалышы белгилүү кошумча магнит талаасы аракет эткенде жебе бурулган бурчтуу өлчөө аркылуу мейкиндиктин ошол чекитиндеги Жердин магнит талаасынын чыңалышынын горизонталдык түзүүчүсүн аныктай алабыз.

Биз бул иште магнит жебесине аракет этүүчү кошумча магнит талаасын айланма токтун жардамында түзөбүз:  $\vec{H}_K = \vec{H}_m$ . Айланма токтун курулмасы турактуу токтун булагына, амперметрге жана реостатка удаалаш туташтырылат (6.2-сүрөт). Чынжырдагы ток күчү реостаттын (же ток булагындагы тиешелүү потенциометрдин) жардамында жөнгө салынат. Айланма токтун борборунда түзүлүүчү магнит талаасы Жердин талаасынын ошол чекиттеги горизонталдык түзүүчүсүнө перпендикуляр болсун үчүн шакектин тегиздигин Жердин магниттик меридианына жарыш жайгаштыруу керек. Чынжырдагы токтун багытын тескерисине өзгөртүү үчүн кошоктолгон ачкычты пайдалануу ыңгайлуу.

## *Ишти аткаруунун тартиби*

1. 6.2-сүрөттө көрсөтүлгөн схема боюнча электр чынжырын жыйнагыла.
2. Айланма ток шакегинин тегиздигин анын борборуна орнотулган компастын жебесине (демек, Жердин магниттик меридианынын тегиздигине) жарыш болгонго чейин бургула. Компастын шакекчесиндеги бурчтук шкаланын “0”үн жебенин бир учуна дал келтирип алгыла.
3. Чынжыр аркылуу күчү азыраак ток өткөргүлө да магнит жебесинин абалына көз салгыла. Жебенин абалынын чынжырдагы токтун күчүнө жана багытына жараша өзгөрүшүн байкагыла.
4. Токтун күчүн өзгөртүү аркылуу жебени 5 ÷ 10 градустун аралыгында бургула да, бурулуу бурчун жана ага тиешелүү ток күчүн жазып алгыла. Тактыкты жогорулатуу үчүн бир эле токту чынжыр аркылуу түз жана тескери багыттарда өткөрүү менен жебени оңго жана солго бургула да, эсептөөлөрдө ал бурчтардын орточосун пайдалангыла.
5. (6.2)–формула боюнча токтун магнит талаасынын чыңалышын, (6.4)–формуланы пайдаланып Жердин магнит талаасынын чыңалышынын горизонталдык түзүүчүсүн эсептегиле.
6. Өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн натыйжасын 6.1-таблицага түшүргүлө жана керектүү тыянактарды жасагыла.

### *Жердин магнит талаасынын чыңалышынын горизонталдык түзүүчүсү*

6.1-таблица

	$I_0$	$N$	$I$	$R$	$H_m$	$\alpha$		$\bar{\alpha}$	$ctg \bar{\alpha}$	$H_{ж}$	$\bar{H}_{ж}$	$\Delta \bar{H}_{ж}$	$\frac{\Delta \bar{H}_{ж}}{\bar{H}_{ж}}$
<i>бирдиги</i>						<i>оң</i>	<i>сол</i>						
1.													
2.													
3.													

*Тыянак:* Жердин магнит талаасынын чыңалышынын горизонталдык түзүүчүсүнүн Ош шаарындагы мааниси  $H_{жэ} = \bar{H}_{ж} \pm \Delta \bar{H}_{ж} = \text{_____} \frac{A}{M}$ .  
 (Таблицада  $H_{жэ} \approx \text{_____} \frac{A}{M}$ , мисалы, А.С.Енохович, Справочник по физике, М., Просвещение, 1990г.).

### ***Билимди текшерүү үчүн суроолор***

1. Жердин магнит талаасынын физикалык табиятын жана өзгөчөлүктөрүн түшүндүргүлө.
2. Жердин магнит талаасынын өзгөрүүлөрүнүн табиятка жана тирүү организмдерге тийгизген таасирлерине мисалдар келтиргиле.
3. Түз жана айланма токтордун магнит талааларын күч сызыктардын жардамында көрсөткүлө жана талаанын чыңалышынын (индукциясынын) багытын кантип аныктоого болорун түшүндүргүлө.
4. Био-Савар-Лапластын закону (мааниси, айтылышы, формуласы, колдонулушу).
5. Айланма токту методун Жердин магнит талаасынын чыңалышынын вертикалдык түзүүчүсүн аныктоого колдонууга болобу?
6. Компастын жардамында Жердин магниттик уюлдарын көрсөткүлө.
7. Лабораториялык шартта күчтүү магнит талаасын түзүүнүн жана өлчөөнүн жолдорун талдагыла.

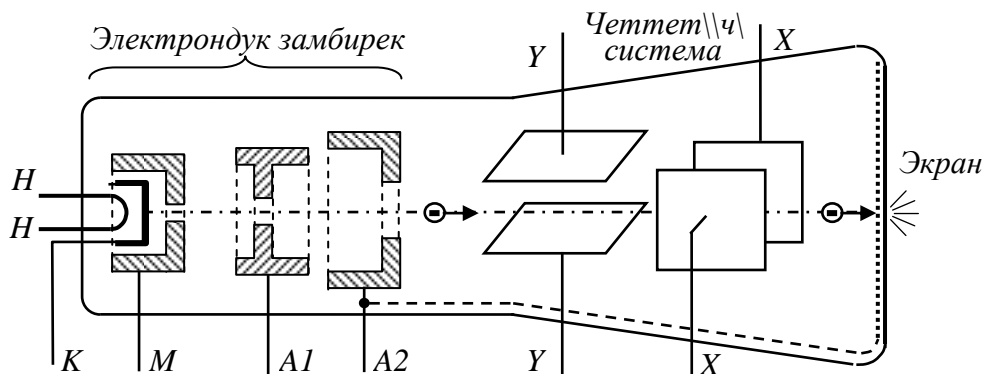
## 7. Электрондук осциллограф

**Иштин максаты:** Электрондук осциллограф менен таанышуу, анын сезгичтигин аныктоо; осциллографтын термелүүчү электрдик сигналды жаюучу жана синхрондоштуруучу системаларын үйрөнүү, осциллографтын жардамында түрдүү сигналдарды каттоо жана алардын параметрлерин өлчөөнү өздөштүрүү.

**Иштин жабдылышы:** Эки нурдуу С1-99 электрондук осциллографы, үндүк жыштыктагы электрдик термелүүлөрдүн (сигналдардын) ГЗ-123 генератору, ПИ/ФПЭ-09 импульстарды өзгөрткүчү, ток булагы.

### Иштин кыскача теориясы

Электрондук осциллограф – илимий изилдөөлөр үчүн эң керектүү приборлордун бири. Анын жардамында түрдүү электрдик схемаларда жана чынжырларда жүрүүчү процесстерди жана кубулуштарды байкашат жана изилдешет. Тактап айтканда, осциллограф ар кандай тез өзгөрүүчү чоңдуктун убакыттан көз карандылыгын, бир термелүүчү чоңдуктун экинчи бир термелүүчү чоңдуктан көз карандылыгын байкоо, мезгилдүү процесстердин жыштыгын, убакыттын кыска аралыктарын өлчөө ж.б. максаттар үчүн колдонулат. Электроаппаратураларды же радиоаппаратураларды текшерүү, жөндөө же оңдоо да электрондук осциллографсыз жүргүзүлбөйт.



7.1-сүрөт. Электрондук осциллографтын электрон-нур түтүгүнүн түзүлүшү схемасы

7.1-сүрөттө электрондук осциллографтын негизги элементи болгон кинескоптун түзүлүшү схемалык түрдө көрсөтүлгөн. Кинескоп же **электрон-нур түтүгү** - абасы сордурулуп чыгарылган айнек баллону эсептелет. Баллондун кууш бөлүгүнө электрондук «замбирек» жайгаштырылган, ал электрондордун ичке, “электрондук нур” деп аталуучу агымын чыгарат. Катодго салыштырмалуу күчтүү оң потенциалга ээ болгон аноддун электр талаасы тарабынан ылдамдатылган электрондук нур удаалаш электроддор –

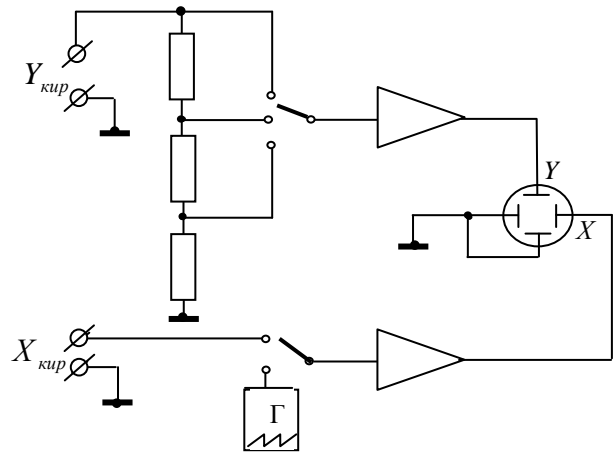
пластиналардын бири-бирине өз ара перпендикуляр жайгашкан эки түгөйү аркылуу өтүп, люминесценттик экранга келип урунат. Экрандын электрондук нур келип түшкөн жеринде жаркыраган так пайда болот. Экранга тийген электрондор андан ары түтүкчөнүн ички бетине жалатылган ичке өткөргүч катмар аркылуу анодго өтүп кетишет.

Электроддордун бул эки түгөйү кинескоптун четтетүүчү системасын түзүшөт: биринчи түгөй нурду вертикалдык багыт боюнча, ал эми экинчиси – горизонталдык багытта жылдырат. Бул электроддордун арасында чыңалуу жок кезде нур экрандын дал ортосуна келип тиет.

Эми осциллографта түрдүү чоңдуктардын ортосундагы көз карандылыктарды чагылткан графиктерди алуунун жолдорун карап көрөлү. Бул үчүн осциллографтын 7.2-сүрөттө көрсөтүлгөн структуралык схемасынан пайдаланалы (мында электрон-нур түтүгү экран тарабынан көрсөтүлгөн). Четтетүүчү электроддордун солдогу жана төмөнкү пластиналары жердештирилген (корпуска туташтырылган), ал эми четтетүүчү потенциалдар жогорку жана оңдогу пластиналарга *күчөткүчтөр* аркылуу берилсин дейли. Адатта  $Y$  кирмегине *бөлүүчү* каршылык (резистор) коюшат, анын жардамында изилденүүчү чыңалуу алдын ала 10,100 же 1000 эсе төмөндөтүлүп алынышы мүмкүн.

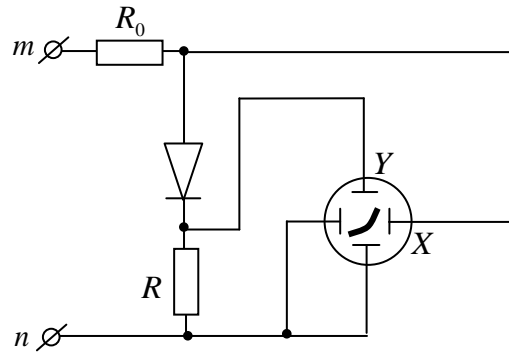
$Y$  пластинасына берилген оң чыңалуу нурду жогору көздөй, ал эми терс чыңалуу – төмөн көздөй четтетет.  $X$  пластинасындагы потенциал нурдун горизонталдык кыймылын башкарат. Мына ошентип, нурдун кыймылын *чыңалуулар* башкарышат. Ошондуктан, кайсы бир башка чоңдуктун термелүүлөрүн байкоо керек болсо, аны өзүнүн чоңдугуна пропорциялаш болгондой электрдик чыңалууга өзгөртүп түзүү керек болот. Мындай өзгөртүп түзгүчтөр *датчиктер* (каттагыч-маалымдагычтар) деп аталышат.

Бир чоңдуктун башка бир чоңдуктан көз карандылыгынын графигин алуу үчүн бул эки чоңдук тең чыңалууга өзгөртүлүп түзүлүшү керек. Кийин бир чыңалуу осциллографтын  $Y$  кирмегине, экинчиси -  $X$  кирмегине берилет (бул учурда 7.2-сүрөттөгү «иштин тегин» алмаштыргыч « $X$ » абалында болушу керек).



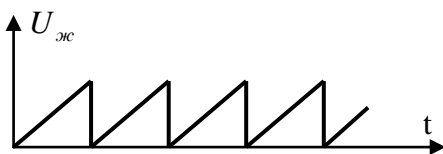
7.2-сүрөт. Катоддук осциллографтын структуралык схемасы

Мисалы, осциллографтын экранында диоддун вольт-ампердик мүнөздөмөсүн, б.а. диод аркылуу өтүүчү токту андагы чыңалуудан көз карандылыгын алуу керек дейли. Ал үчүн 7.3-сүрөттөгүдөй схема боюнча чынжыр чогултулат. Схеманын  $m, n$  чекиттерине өзгөрүлмө чыңалуу берилет. Диоддогу чыңалуу  $X$  - кирмегине берилген, ал эми андагы токту күчүнө пропорциялаш болгон чыңалуу токту датчиги болгон  $R$  резисторунан алынып,  $Y$  - кирмегине берилет. Натыйжада экранда  $i(U)$  көз карандылыгынын даяр графигин көрөбүз.

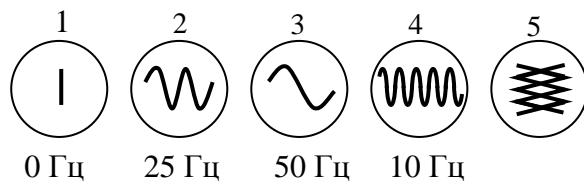


7.3-сүр. Осциллографтын жардамында диоддун вольт-ампердик мүнөздөмөсүн алууга арналган чынжырдын схемасы ( $R$ -токту датчиги)

Экранда кайсы бир чоңдукту убакыттан көз карандылыгын алуу үчүн  $Y$  - кирмегине бул чоңдукка пропорциялаш чыңалууну, ал эми  $X$  - кирмегине – убакытка пропорциялаш чыңалууну берүү керек. Мындай чыңалуу осциллографтын курамына кирген **жайгыч генератор** тарабынан түзүлөт. Эгерде изилденүүчү чоңдук мезгилдүү сигнал түрүндө болсо, анда үзгүлтүксүз жаюучу генератор колдонулат. Анын чыңалуусу «иштин тегин» аныктоочу  $K$  ачкычы аркылуу  $X$  - кирмегине ичинен кошулат (7.2-сүрөт), натыйжада нур бир калыпта оңго жылат. Экрандын четине жеткен нур баштапкы абалына тез кайтып, ошол эле замат оңго жыла башташы керек. Бул жагдай чыңалууну циклдин акырында тез нөлгө айлантип, кайрадан убакытка пропорциялаш өстүрүү аркылуу ишке ашырылат (7.4-сүрөт).



7.4-сүр. Жайгыч генератор пайда кылган чыңалуу



7.5-сүр. Синусоидалык сигналдын сүрөттөлүшүн жаюунун жыштыгынан көз карандылыгы

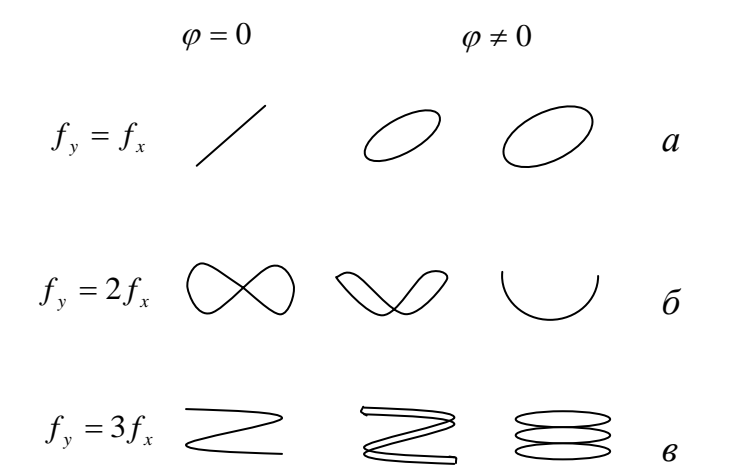
Жайгыч генератор кошула элек кезде  $Y$  кирмегине берилген чыңалуунун аракетин менен нур өйдө – ылдый термелет (7.5-сүрөт, 1), экранда тик сызыкты гана көрөбүз. Жайгыч генераторду кошкондо термелип жаткан нур турактуу ылдамдык менен оң тарапка жылып,  $Y$  - кирмегине берилген чыңалуунун убакыттан көз карандылыгынын

сүрөтүн сызат (7.5-сүрөт, 2). Жаюунун жыштыгын (б.а. нурдун оңго жылуу ылдамдыгын) өзгөртө алабыз. 7.5-сүрөттө жаюунун жыштыгын чоңойткон (3) жана азайткан (4) кездеги сүрөттөлүштөр көрсөтүлгөн. Эгерде жаюучу жыштык сигналдын өзгөрүү жыштыгынан чоң болсо, анда экранда туташ, түшүнүксүз картина пайда болот (5). Ошондуктан сигналды изилдөөнү аны төмөнкү жыштыкта жаюудан баштаган оң. Сигналдын жыштыгы жаюучу жыштыкка эселүү болгон учурларда гана экранда туруктуу картина алынат. Бул шарт аткарылбаса сүрөт экранда «жыла берет». Жылуучу сүрөттү **синхрондоштуруу каналы** деп аталган атайын түзүлүштүн жардамында токтотууга болот. Бул түзүлүш кошулган учурда жаюучу жыштыкты тандоону өтө так жүргүзбөсө да болот.

Осциллографтын жардамында чыңалууну өлчөөдө  $Y$  кирмегине берилүүчү өзгөрүлмө чыңалуу пластиналарга түшөргө чейин бөлгүчтүн жардамында белгилүү санга эселүү бөлүнөрүн (эгерде чыңалуу өтө чоң болсо) же күчөткүч тарабынан күчөтүлөрүн (эгерде ал аз болсо) эске алуу зарыл. Мына ошентип, экрандагы сүрөттөлүштүн бийиктиги сигналдын өзүнүн чоңдугу менен да, осциллографтын «бөлүү» жана «күчөтүү» бурагычтарынын абалы менен да аныкталат.

Сигналдын чоңдугун вольттордо туюнтуп алуу үчүн ошол эле күчөткүч аркылуу (б.а. «күчөтүү» бурагычына тийбестен туруп) чоңдугу белгилүү болгон сигналды (калибрлөөчү сигналды) киргизип өлчөп көрүшөт. Изилденүүчү жана калибрлөөчү сигналдардын бийиктигин өз ара салыштыруудан пропорция түзүлөт. Изилденүүчү сигнал калибрлөөчүдөн өтө чоң болсо, анда аны тиешелүү эсе (10, 100 ж.б.) бөлүп алса болот (калибрлөөчү сигнал бөлүнбөйт). Жогорудагы пропорцияны бул санга көбөйтүү менен маселенин жообун алабыз.

Осциллографтын жардамында синусоидалык электрдик термелүүлөрдүн жыштыгын өлчөөгө болот. Ал үчүн жыштыгы белгисиз чыңалуу ( $f_y$ )  $Y$  кирмегине берилет, ал эми  $X$  кирмегине атайын генератордон (мисалы, үндүк) жыштыгы белгилүү синусоидалык чыңалуу берилет. Натыйжада нур бир убакта эки өз ара перпендикуляр багыттар боюнча термелет.



7.6-сүрөт. Сигналдын жыштыктарынын жана фазаларынын трд\| катыштарындагы Лиссажунун фигураларынын кър\|и\|

Экранда *Лиссажунун фигуралары* деп аталуучу сүрөттөрдүн бири көрүнгөнгө чейин  $X$  кирмегине берилүүчү сигналдын жыштыгын акырын өзгөртүү керек (7.6-сүрөт). Фигуранын көрүнүшү боюнча  $f_Y$  жана  $f_X$  жыштыктары бири-биринен канча эсе айырмаланарын аныктоого болот.

Эгерде  $f_Y = f_X$  болсо, фазалардын жылышы  $\varphi$  ге жараша экранда түз сызык же эллипс алынат. Эгерде  $f_Y = 2f_X$  болсо, анда нур вертикаль боюнча 2 жолу термелген убакыт ичинде горизонталь боюнча бир гана жолу термелет ж.б.д.у.с. Фигурадагы шакектердин саны жыштыктардын катышын берет.

Электротехникалык жана радиотехникалык өлчөөлөргө коюлуучу талаптар өтө көп түрдүү мүнөзгө ээ. Бул жагдай ар бири кайсы бир конкреттүү маселени чечүүгө ылайыкташкан осциллографтардын көптүгүн түзүүгө алып келди.

Осциллографтар бири-биринен төмөнкү негизги параметрлери боюнча өз ара айырмаланышат:

1. **Жыштыктардын тилкеси.** Өткөрүү тилкеси  $50\text{Гц}$  тен  $1\text{МГц}$  ке чейин болгон осциллограф турактуу чыңалууну ( $0\text{Гц}$ ) сезбейт. Ошондой эле ал өтө тез өзгөрүүчү, жыштыгы  $1\text{МГц}$  тен жогору болгон, сигналдардын сүрөтүн көрсөтпөйт (аларды жылмалаштырып жиберет).

2. **Сезгичтиги.** Бул чоңдук адатта  $\frac{\text{мм}}{V}$  бирдиги аркылуу туюнтулат да осциллографка  $1V$  чыңалуу берген кезде анын экранында пайда болгон сызыктын узундугун ( $\text{мм}$ ) көрсөтөт.

3. **Кирме каршылыгы  $R_k$  жана кирме сыйымдуулугу  $C_k$ .** Осциллографтын чынжырга кошулуу каршылыгы  $R_k$  чоң, бирок сыйымдуулугу  $C_k$  аз болушу зарыл, анткени ал изилденүүчү чынжырларга вольтметр сыяктуу кошулгандыктан, ал кошулган участкасту чукул туташтырбагандай болушу керек.

Булардан сырткары осциллографка анын өлчөө мүмкүнчүлүктөрүн кеңейтүүчү кошумча бөлүктөр жана блоктор жайгаштырылышы мүмкүн. Мисалы, эки нурдуу осциллограф.

Эки нурдуу осциллограф бир убакта эки чоңдуктун убакыттан көз карандылыгын байкоо үчүн кызмат кылат. Ал эки  $Y$  кирмегине, эки электрон-нур замбирегине, эки бөлөк вертикалдык четтетүүчү пластиналардын түгөйүнө ээ. Ал пластиналардын ар бири өзүнүн гана нурун башкарат, бирок нурлар бир экранга түшөт, аларды горизонталдык багыт боюнча бир эле жаюучу генератор жылдырат.

Осциллографтын дагы бир негизги бөлүгү - анын *азыктануу блогу*, ал чынжырдын бардык бөлүгүн (электрон-нур түтүгүн, жайгыч генераторду, күчөткүчтөрдү ж.б.) электр энергиясы менен камсыз

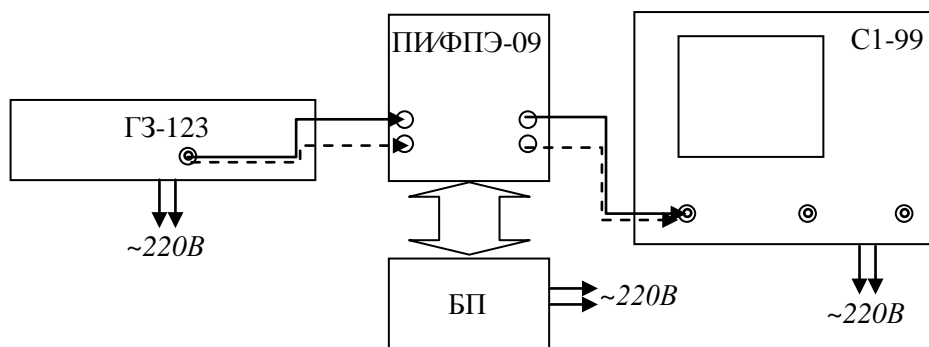


кылат. Бул блок күчтүк трансформатордон, бир нече түзөткүчтөрдөн жана сактагычтардан турат. Азыктануу блогу, жаюучу чыңалуунун генератору жана күчөткүчтөр электрон-нур түтүгүнүн блогу менен бир корпуска жайгаштырылат. Бардык блокторду башкаруу корпустун бетки панелине чыгарылган бурагычтардын, тумблерлердин жана баскычтардын жардамында жүргүзүлөт. Ар бир элементтин кызматы анын жанында жазуу же символдор аркылуу түшүндүрүлөт. Конкреттүү осциллографтын өзгөчөлүктөрү, адатта, анын паспортунда өтө кеңири баяндалат.

Акыркы мезгилдерде компьютерге кошулуп иштөөчү санариптик эске тутма осциллографтар колдонула баштады.

### ***Ишти аткаруунун тартиби***

1. Приборлордун паспортторун пайдаланып иште колдонулуучу осциллографтын, үндүк генератордун, кассеталардын негизги параметрлери, алардын алдыңкы бетине жайгаштырылган башкаруу органдарынын кызматы жана электрдик схемалар менен таанышкыла.
2. Осциллографты ток булагына кошуп иштеткиле. Жарык тактарды  $\updownarrow$ ,  $\leftrightarrow$  бурагычтарынын жардамында экранга чыгаргыла жана «фокус», «яркость» бурагычтарынын жардамында аларды так, даана көрүнгүдөй абалга келтиргиле.
3. Жаюучу генератордун сигналды (чыңалууну) жаюу жыштыгын өзгөртүп, экрандагы чекиттердин абалынын өзгөрүшүн байкагыла.
4. Үндүк жыштыктагы электрдик сигналдардын генераторун ( $GZ-123$ ) ток булагына жана осциллографтын вертикалдык ( $Y$ ) каналдарынын бири менен туташтыргыла. Бош каналды «өчүрүп» койгула. Үн генераторун иштетип, осциллографтын экранында так, даана жарык тилкесин алууга аракет кылгыла. Тилкенин бийиктиги генератордон берилген сигналдын амплитудасына ( $U_m$ ), осциллографтын сезгичтигине (чыңалуу бөлгүчтүн же күчөткүчтүн бурагычтарынын абалына) жараша болоруна байкоо жүргүзгүлө.
5. Жаюучу генератордон берилүүчү сигналдын жыштыгын тандоо аркылуу экранда туруктуу синусоиданы алууга (б.а. сигналдарды синхрондоштурууга) жетишкиле.



7.7-сүрөт. Эксперименталдык курулманын блок-схемасы.

6. 7.7-блок-схемада көрсөтүлгөндөй курулма түзгүлө. Үн генераторунан алынуучу сигналды осциллографка импульстардын формасын өзгөртүүчү ПИ/ФПЭ-09 кассетасы аркылуу өткүдөй кылып туташтыргыла. Кассетадагы тиешелүү баскычтарды жана бурагычтарды пайдаланып синусоидалдык сигналды П-сымал импульска өзгөрткүлө жана анын параметрлерин (толтуруу коэффициентин, көндөйлүктү) өзгөртүүнүн мүмкүнчүлүктөрүн изилдегиле.

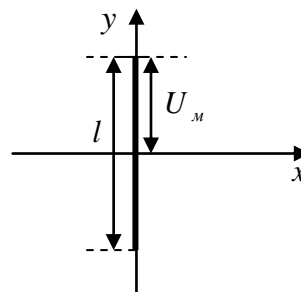
7. Осциллографтын, үн генераторунун жана импульсту өзгөртүп түзүүчү кассетанын мүмкүнчүлүктөрүн экрандагы сүрөттүн абалын байкоо аркылуу жакшы өздөштүргөнүңөрдөн кийин иштин тапшырмаларын аткарууга киришкиле.

### 1 – тапшырма: Осциллографтын сезгичтигин аныктоо.

• Үн генераторунан алынуучу электрдик сигналдын амплитудасын башкаруучу бурагычты саат жебесинин айлануу багытына каршы багытка акырына чейин бурап койгула (потенциометрди минимум абалына келтиргиле). Санариптик өзгөрткүчтүн жардамында эффективдүү чыңалуусу  $U_{эф} \approx (2 \div 3)V$  болгон сигналды осциллографтын Y-кирмегине бергиле (Эскертүү: эгерде сигналды ПИ/ФПЭ-09 кассетасы аркылуу өткөрсөңөр, анда кассетадагы “~” баскычын басып койгула). Экранда пайда болгон жарык тилкесинин узундугун ( $l$ ) өлчөп, аны мм лерде туюнткула (7.8-сүрөт).

• Осциллографтагы чыңалуу бөлгүчтүн (күчөткүчтүн) берилген маанисинде анын y-огу боюнча сезгичтигин ( $k_y$ ) аныктагыла.

$$k_y = \frac{l}{2U_m} = \frac{l}{2\sqrt{2}U_{эф}} = \frac{l}{2,8U_{эф}}.$$



7.8-сүрөт. Осциллографтын экранындагы жарык тилкеси

Осциллографтын сигналды күчөтүү даражасына жараша  $k_y$  тин өзгөрүшүнө байкоо жүргүзгүлө.

- Үн генераторунан алынуучу сигналды осциллографтын "X" кирмегине өткөрүп, жогорудагыдай жол менен  $k_x$  ти аныктагыла. Бул учурда кирген сигнал X огун бойлото термелет, ошондуктан жайгыч генераторду ажыратып («развертка» блогундагы «внешн.» баскычын басып) коюу керек. Сигналдын амплитудасы үн генераторундагы потенциометрдин жана осциллографтын X-кирмегине жанаша жайгашкан 1:1 же 1:10 баскычтарынын жардамында башкарылат.
- Алынган натыйжаларды 7.1-таблицага түшүргүлө да керектүү тыянактарды чыгаргыла.

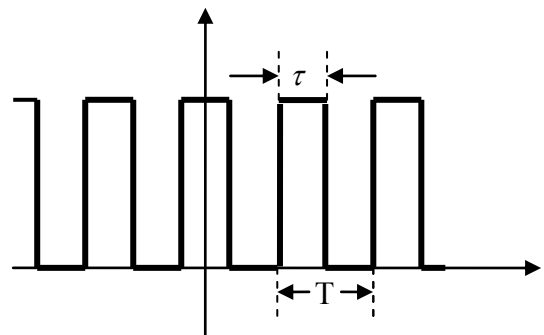
*Электрондук осциллографтын сезгичтиги*

7.1-таблица

<i>K №</i>	<i>күчөткүч</i>	$U_{эф},$ <i>B</i>	$l_y,$ <i>мм</i>	$k_y,$ <i>мм/B</i>	<i>баскычтардын абалы</i>	$U_{эф},$ <i>B</i>	$l_x,$ <i>мм</i>	$k_x,$ <i>мм/B</i>
					1:1			
					1:1			
					1:10			
					1:10			

**2 – тапшырма:** *П-сымал импульстук сигналдарды түзүү жана анын параметрлерин аныктоо.*

- Үн генераторунун тандалып алынган жыштыктагы сигналды ПИ / ФПЭ-09 кассетасы аркылуу осциллографтын "Y"-кирмегине бергиле. Кассетанын тиешелүү башкаруу органдарын пайдаланып синусоидалык сигналды П-көрүнүшүндөгү сигналга өзгөртүп түзгүлө (7.9-сүрөт, мында  $T$  - сигналдын мезгили,  $\tau$  - импульстун узактыгы).



7.9-сүрөт. Тик бурчтуу П-сымал импульстардын көрүнүшү.

- Катталган сигналдын жыштыгынын маанисин пайдаланып импульстун узактыгын жана сигналдын мезгилин секундаларда туюнтуп алгыла.
- Осциллографтын экранындагы  $U(t)$  көз карандылыгынын графигинен импульстук сигналдын параметрлерин аныктагыла:
  - а) сигналдын көңдөйлүгү (удаалаш импульстардын ортосундагы убакытка - паузанын узактыгына пропорциялаш чоңдук) -  $Q = \frac{T}{\tau}$
  - б) импульстун мезгилди толтуруу коэффициенти -  $k = \frac{\tau}{T}$

- П-сымал импульстардын жыштыгын жана көрүнүшүн өзгөртүп,  $Q$  ну жана  $k$  - ны аныктоону кайталагыла. Алынган маалыматтарды 7.2-таблицага түшүргүлө, тиешелүү тыянактарды чыгаргыла.

*П-сымал импульстардын параметрлери*

7.2-таблица

$k$ №	$T, c (мм)$	$\tau, c (мм)$	$Q$	$k$
1				
2				
3				

**3-тапшырма:** *Лиссажунун фигураларын байкоо.*

- Осциллографтын X-огуна синусоидалык сигналды сырткы электр тармагынан бергиле. Ал үчүн жайгыч генераторду ажыратып («внешн.» баскычын басып), синхрондоштуруу блогундагы сырткы тармак («сеть») баскычын активдештиргиле. Бул учурда шаардык тармактагы чыңалуу пайда кылган нур X-огун бойлото 50 Гц тик жыштыкта термеле баштайт.
- Осциллографтын Y-кирмегине үн генераторунан амплитудасы 2-3 вольттук өзгөрүлмө чыңалуу бергиле да, анын жыштыгын 25 Гц тен 150 Гц ке чейинки аралыкта акырын өзгөртүү аркылуу экранда түрдүү жыштыктагы эки өз ара перпендикуляр гармоникалык термелүүлөрдүн кошулушунун натыйжасын (Лиссажунун фигураларын) байкагыла.
- Генератордогу сигналдын жыштыгын жай («плавно») өзгөртүүчү потенциометрдин жардамында экранда мүнөздүү кыймылсыз сүрөттөрдү алгыла. Сүрөттөрдү дептеринерге көчүрүп, жыштыктардын аларга тиешелүү катышын ( $\frac{1}{2}:1$ , 1:1, 1:2, 1:3) аныктагыла.

***Билимди текшерүү үчүн суроолор***

1. Электрондук осциллографтын түзүлүшүн, иштөө принцибин жана колдонулуштарын айтып бергиле.
2. Электрон – нур түтүгүнүн түзүлүшүн, анда электрондук нурдун пайда болушун, кыймылын жана аны башкаруунун физикалык негиздерин түшүндүргүлө.
3. Жайгыч генератор кандай кызматты аткарат?
4. Синхрондоштуруу эмне үчүн керектелет?
5. Осциллографтарды негизги параметрлери боюнча классификациялагыла.
6. Осциллографтын жардамында мезгилдүү өзгөрүүчү электрдик сигналдардын жыштыгын аныктоо мүмкүнчүлүгүн негиздегиле.

## 8. Өзгөрүлмө токтун жөнөкөй чынжырлары

**Иштин максаты:** Өзгөрүлмө токтун жөнөкөй чынжырларын окуп үйрөнүү. Өз ара удаалаш туташтырылган активдүү каршылыктан, индуктивдүүлүк түрмөгүнөн жана конденсатордон турган чынжырлардагы чыңалуунун жана токтун күчүнүн термелүүлөрүнүн өз ара байланышын изилдөө.

**Иштин жабдылышы:** ФПЭ-09/ПИ кассетасы, ток булагы, үндүк жыштыктагы электрдик сигналдардын ГЗ-123 генератору, эки нурдуу С1-99 электрондук осциллографы, туташтыруучу өткөргүчтөр, кабелдер.

### *Иштин кыскача теориясы*

Электр кыймылдаткыч күчү мезгилдүү өзгөрүүчү генератор кошулган чынжырда пайда болуучу электрдик термелүүлөрдү карап көрөлү. Мындай электрдик термелүүлөр, мисалы, өзгөрүлмө токтор, техникада кеңири колдонулат.

Өзгөрүлмө электр тогунун чынжыры өз ара кандайдыр-бир удаалаштыкта туташтырылган элементтердин көптүгүнөн турат. Электр чынжырынын бардык элементтери электрдик каршылыкка ээ болушат. Эгерде кайсы бир элемент аркылуу ток өтүп жатканда электр энергиясы толук жылуулукка айланып «жоголсо», анда ал элементтин каршылыгын *активдүү* деп аташат. Тескерисинче, электр энергиясы жылуулукка айланбаса – *реактивдүү* деп аташат.

Чынжырдын активдүү каршылыкка ээ болгон элементин *резистор* деп атайбыз. Реактивдүү (сыйымдуу жана индуктивдүү) каршылыкка *конденсаторлор* жана *өткөргүчтүн түрмөктөрү* (катушкалар) ээ болушат.

Ар кандай реалдуу чынжырлар жогоруда аталган каршылыктардын үчөөнө тең ээ болушат. Бирок, көпчүлүк учурларда, ал каршылыктардын (активдүү, сыйымдуу же индуктивдүү) бири эң чоң мааниге жетип, калган экөөнү эсепке албай эле коюуга туура келет. Мындай учурларда чыныгы резисторлор, конденсаторлор жана индуктивдүүлүк түрмөктөрү чынжырдагы идеал элементтер катары каралат.

Элементтерди идеалдаштыруу мүмкүн болбогон жагдайларда чыныгы элементтер идеал элементтердин ага тең күчтүү комбинациясына алмаштырылат. Мисалы, электр энергиясын аз да болсо жоготууга учуратуучу конденсаторду  $C$  сыйымдуулугунун жана  $R$

резисторунун комбинациясы, ал эми реалдуу индуктивдүүлүк түрмөгүн –  $L$  индуктивдүүлүгүнүн,  $C$  сыйымдуулугунун жана  $R$  резисторунун комбинациясы түрүндө көрсөтүүгө болот.

Эгерде электр чынжырынын бардык элементтери чынжырдагы токтон же элементтердеги чыңалуудан көз карандысыз каршылыктарга ээ болушса, анда мындай элементтер *сызыктуу элементтер* деп аталышат. Сызыктуу элементтерден түзүлгөн электр чынжырлары *сызыктуу электр чынжырлары* деп аталышат.

Сызыктуу чынжырларда чыңалуулардын, токтордун өз ара байланыштары, жалпы чынжырдагы электрдик процесстер сызыктуу алгебралык же дифференциалдык теңдемелердин жардамында сүрөттөлөт.

Чындыгында чынжырдын бардык эле элементтери «сызыктуу эмес» болушат. Бирок, көпчүлүк учурларда сызыктуу закондон четтөөлөр өтө аз болгондуктан, аларды эсепке албай эле, элементтерди сызыктуу деп эсептей беребиз.

Изилденүүчү чынжырдын элементтери идеалдуу, сызыктуу - электрдик сыйымдуулугу конденсаторго, ал эми индуктивдүүлүгү өткөргүчтүн түрмөгүнө (катушкага) гана топтолгон учурду карайлы жана өзгөрүлмө токту *квазистационардуу* деп эсептейли. Башкача айтканда, электрдик чоңдуктар өздөрүнүн калыптанган маанилерине жетүүчү убакыт  $\tau$  термелүүлөрдүн мезгилинен  $T$  кыйла кичине ( $\tau \ll T$ ) деп эсептейбиз, жана ошондуктан бардык электрдик чоңдуктардын заматтык маанилери үчүн турактуу токтуун закондорун колдонобуз. Квазистационардуулук шарты токтуун күчүнүн заматтык маанилери чынжырдын бардык бөлүктөрүндө дээрлик бирдей дегенди билдирет.

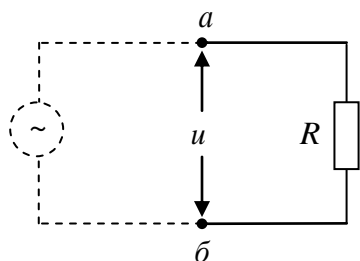
Ток күчүнүн чоңдугу убакыттын өтүшү менен синус закону боюнча өзгөрүүчү токторду гана карайлы:  $i = I_0 \sin(\omega t + \varphi)$ . Анткени, өзгөрүлмө токтуун техникалык генераторлору (мисалы, ГЭСтерде) дээрлик синус закону боюнча өзгөрүүчү токту иштеп чыгат жана экинчиден, мындай токтордун жардамында электрдик термелүүлөрдүн негизги өзгөчөлүктөрүн изилдөө бир кыйла жеңил.

Жекече учурларды талдоого, б.а. өзгөрүлмө токтуун чынжырындагы активдүү каршылыктын, сыйымдуулуктуун жана индуктивдүүлүктүн ролун өзүнчө бөлүп изилдөөгө киришели.

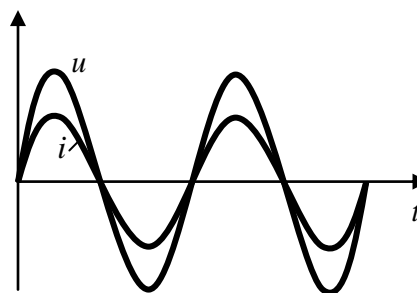
1. *Өзгөрүлмө токтуун чынжырындагы активдүү каршылык.* Алгач өзгөрүлмө токтуун генератору өтө кичине индуктивдүүлүккө жана сыйымдуулукка ( $L \approx 0, C \approx 0$ ) ээ болгон сырткы чынжырга ( $R \neq 0$ ) кошулган жекече учурду карайлы. Чынжыр аркылуу

$$i = I_0 \sin \omega t \quad (8.1)$$

өзгөрүлмө тогу өтсүн дейли жана активдүү каршылыктын  $a$  жана  $b$  учтарындагы чыңалуу кандай закон боюнча өзгөрөрүн табалы (8.1-сүрөт).



8.1-сүрөт. Өзгөрүлмө токту чыңжырындагы каршылык



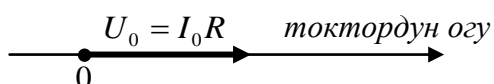
8.2-сүрөт. Каршылыктагы токту жана чыңалуунун термелүүлөрү

Чыңжырдын  $a R b$  участогуна Омдун законун колдонсок:

$$u = iR = I_0 R \sin \omega t . \quad (8.2)$$

Мына ошентип, чыңжырдын учтарындагы чыңалуу да синус закону боюнча өзгөрөрүн жана ток менен чыңалуунун термелүүлөрү бирдей фазада жүрөрүн көрөбүз.

Ток жана чыңалуу эң чоң маанилерине бир учурда жетишет жана бир убакта нөлгө айланышат (8.2-сүрөт). Чыңалуунун максималдык мааниси  $U_0 = I_0 R$ . Чыңалуунун жана токту өзгөрүүсүн вектордук диаграмманын жардамында элестүү көрсөтүүгө болот (8.3-сүрөт). Ал үчүн диаграмманын огу токту термелүүлөрүн сүрөттөөчү вектор ушул окту бойлото багытталгандай кылып тандап алалы. Мындан ары



8.3-сүрөт. Каршылыктагы чыңалуунун вектордук диаграммасы

бул окту «токтордун огу» деп атайбыз. Анда чыңалуунун термелүүлөрүн сүрөттөөчү вектор да токтордун огу бойлото багытталат, анткени бул учурда ток менен чыңалуунун фазалары

бирдей ( $\Delta\varphi = 0$ ). Бул вектордун узундугу чыңалуунун амплитудасына барабар.

**2. Өзгөрүлмө токту чыңжырындагы сыйымдуулук.** Эми чыңжырдын бөлүгү сыйымдуулугу  $C$  болгон конденсатордон турат, бул бөлүктүн каршылыгын жана индуктивдүүлүгүн эсепке албай коюуга болот ( $R \approx 0, L \approx 0$ ) деп эсептейли да мындай учурда бөлүктүн учтарындагы чыңалуу кандай закон боюнча өзгөрөрүн карап көрөлү.  $a$

жана  $b$  чекиттеринин арасындагы потенциалдар айырмасы  $u$  жана 8.4-сүрөттө көрсөтүлгөн шартта  $q > 0$ ,  $I > 0$  болсун дейли.

Анда  $u = \frac{q}{C}$ . Бирок  $i = \frac{dq}{dt}$ , демек,  $q = \int idt$ .

Чынжырдагы ток күчү

$$i = I_0 \sin \omega t$$

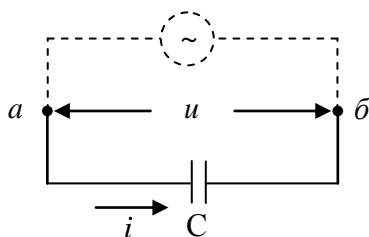
закону боюнча өзгөргөн учурда

$$q = \int I_0 \sin \omega t dt = -\frac{I_0}{\omega} \cos \omega t + const.$$

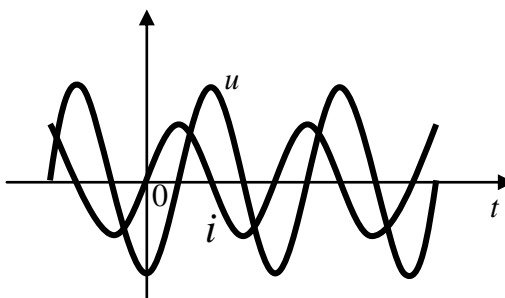
Бул формуладагы интегралдоонун турактуусу ( $const$ ) конденсатордун токтун термелүүлөрү менен байланышпаган турактуу зарядын көрсөтөт, ошондуктан  $const = 0$  деп аламыз. Демек,

$$u = -\frac{I_0}{\omega C} \cos \omega t = \frac{I_0}{\omega C} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad (8.3)$$

(8.1) жана (8.3) формулалардан, чынжырдагы ток синус закону боюнча өзгөргөн учурда конденсатордогу чыңалуу да ошол эле закон боюнча



8.4-сүрөт. Өзгөрүмүз токту чынжырындагы конденсатор



8.5-сүрөт. Чынжырдагы токту жана конденсатордогу чыңалуунун термелүүлөрү

өзгөрөрүн, бирок ток менен чыңалуунун термелүүлөрүнүн фазалары бирдей эместигин көрөбүз. Конденсатордогу чыңалуунун термелүүлөрү фазасы боюнча токту термелүүлөрүнөн  $\frac{\pi}{2}$  ге артта жүрөт, б.а. кечигет (8.5-сүрөт).

Алынган натыйжа өтө жөнөкөй физикалык мааниге ээ. Убакыттын ар бир моментинде конденсатордогу чыңалуу андагы заряд менен аныкталат. Бирок бул заряд термелүүлөрдүн алдыңкы стадиясында агып өткөн ток тарабынан түзүлөт. Мына ошондуктан чыңалуунун термелүүлөрү токту термелүүлөрүнөн кечигет. Мисалы, 8.5-сүрөттөгү чиймеден,  $t = 0$  кезинде  $i = 0$ , бирок конденсатордо мурдараак агып өткөн токту түзгөн заряд бар, ошондуктан  $u \neq 0$ . Бул заряддын чоңдугу нөлгө теңелгенге чейин кандайдыр бир  $t$  убакыт бою оң багытта ток өтүшү керек, ошондуктан  $q = 0$  (демек,  $u = 0$ ) болгон кезде  $i \neq 0$  болот.



(8.3) – формуладан конденсатордогу чыңалуунун амплитудасы

$$U_0 = I_0 \frac{1}{\omega C}.$$

Бул туюнтманы турактуу токту чынжырынын участогу үчүн Омдун закону ( $U = IR$ ) менен салыштырып,

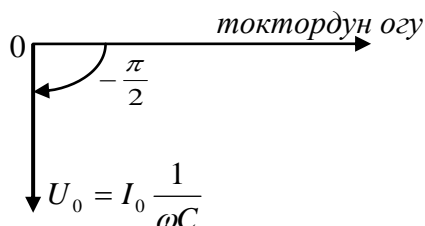
$$R_C = \frac{1}{\omega C} \quad (8.4)$$

чоңдугу чынжырдын *аб* участогунун каршылыгынын кызматын аткаарын көрөбүз. Ошондуктан  $R_C$  - сыйымдуулуктун «каршылыгы» (же «сыйымдуу каршылык») деп аталат.

Эгерде (8.4) – дө  $C$  Фарад, ал эми  $\omega - c^{-1}$  аркылуу туюнтулса, анда  $R_C$  нын бирдиги Ом болот. Мисалы, жыштыгы  $\nu = 50 \text{ Гц}$  болгон техникалык өзгөрүлмө ток үчүн  $\omega = 2\pi\nu = 100\pi c^{-1}$ . Эгерде  $C = 1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$  болсо, анда ал өзгөрүлмө токко  $\sim 3000 \text{ Ом}$  дук резистордой каршылык көрсөтөт:

$$R_C = \frac{1}{100\pi \cdot 10^{-6}} = \frac{10^4}{\pi} \cong 3000 \text{ Ом}.$$

Алынган натыйжалар вектордук диаграммада төмөнкүдөй сүрөттөлөт:



8.6-сүр. Конденсатордогу чыңалуунун вектордук диаграммасы

(8.4)–формуладан конденсатордун «каршылыгы» анын сыйымдуулугуна жана ал аркылуу өтүүчү электрдик термелүүлөрдүн жыштыгына тескери пропорциялаш болорун көрөбүз.

**3. Өзгөрүлмө токту чынжырындагы индуктивдүүлүк.** Акырында, бир гана индуктивдүүлүктөн турган чынжырдын бөлүгүн карайлы ( $R \approx 0, C \approx 0$ ). Адаттагыдай эле, *a* жана *b* чекиттеринин арасындагы потенциалдар айырмасы *u* болсун, *a* дан *b* ны көздөй аккан токту багытын оң деп алалы (8.7-сүрөт).

Өзгөрүлмө ток өтүп жаткан индуктивдүүлүк түрмөгүндө өздүк индукциянын Э.К.К.ү пайда болот, ошондуктан Э.К.К.ны камтыган чынжырдын участогу үчүн Омдун закону  $u = iR - \mathcal{E}_0$  көрүнүшүндө жазылат. Каралып жаткан учурда  $R = 0$ , ал эми өздүк индукциянын Э.К.К.сы

$$\mathcal{E}_0 = -L \frac{di}{dt}.$$

Ошондуктан

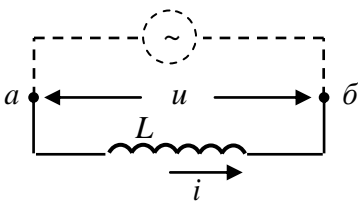
$$u = L \frac{di}{dt}.$$

Эгерде чынжырдагы токтуң күчү

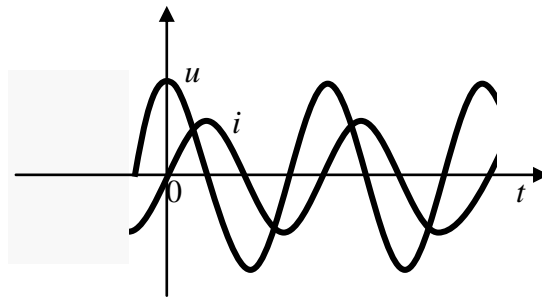
$$i = I_0 \sin \omega t$$

закону боюнча өзгөрсө, анда

$$u = I_0 \omega L \cos \omega t = I_0 \omega L \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}). \quad (8.5)$$



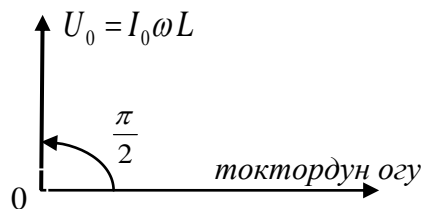
8.7-сүрөт. Ызгыр\лмъ токтун чынжырындагы индуктивд\л\к



8.8-сүрөт. Индуктивдүүлүктөгү токтун жана чыңалуунун термел\л\р

(8.5) жана (8.1)–лерди өз ара салыштырып, *индуктивдүүлүктөгү чыңалуунун* термелүүлөрү фазасы боюнча токтун термелүүлөрүнөн  $\pi/2$  ге озорун көрөбүз. Токтуң күчү өсүп, нөлдөн өтө баштаганда чыңалуу эң чоң маанисине жетип, андан кийин азая баштайт; ток күчү максималдык маанисине жеткенде чыңалуу нөл аркылуу өтүп жаткан болот, ж.б.д.у.с. (8.8-сүрөт).

Фазалардын мындай айырмаланышынын физикалык себептери төмөнкүдөй. Эгерде чынжырдын бөлүгүнүн каршылыгы нөлгө тең болсо, анда анын учтарына берилген чыңалуу индукциянын Э.К.К.үн теңдештирет, ошондуктан терс белгиси менен алынган өзүнчө индукциянын Э.К.К.сына барабар. Ал эми чоңдугу токтун өзгөрүшүнүн тездигине пропорциялаш болгон  $\mathcal{E}_0$  чынжырдагы ток күчү нөл аркылуу өтүп жаткан моменттерде максималдык маанисине жетет. Ошондуктан чыңалуунун максимумдары токтун нөлдөрүнө туура келет жана тескерисинче.



8.9-сүрөт. Индуктивд\л\ктг\ чыңалуунун вектордук диаграммасы

Талкууланган жагдайдын вектордук диаграммасы 8.9-сүрөттө көрсөтүлгөн.

(8.5) – формуладан чыңалуунун амплитудасы

$$U_0 = I_0 \omega L,$$

демек,

$$R_L = \omega L \quad (8.6)$$

чоңдугу чынжырдын *аб* участогунун каршылыгы сыяктуу ролду ойнойт. Ошондуктан  $R_L$  ди индуктивдүүлүктүн ыйгарылган «каршылыгы» деп аташат. Эгерде (8.6)-формулада  $L$  Генри, ал эми  $\omega - c^{-1}$  аркылуу туюнтулса, анда  $R_L$  Омдордо туюнтулат. Мисалы, түрмөктүн индуктивдүүлүгү  $L = 1 \text{ Гн}$  болсо, анда анын техникалык өзгөрүлмө ток ( $\omega = 100\pi c^{-1}$ ) үчүн «көрсөтүүчү» каршылыгы  $R_L = 100\pi \cdot 1 = 314 \text{ Ом}$ .

Индуктивдүүлүктүн ыйгарылган каршылыгын дросселдерди жасоодо пайдаланышат. *Дроссель* – ичинде темир өзөкчөсү бар (же жок) өткөргүч түрмөгү түрүндө болот да өзгөрүлмө токтун чынжырына андагы токтун күчүн жөнгө салуу үчүн киргизилет. Реостатка салыштырганда дроссель маанилүү артыкчылыкка ээ – анын жардамында чынжырдын каршылыгын көбөйтүү Джоуль-Ленцтин жылуулугунун көбөйүшү менен коштолбойт, демек, энергиянын пайдасыз сарпталышына алып келбейт. Мындан сырткары, индуктивдүү каршылык түрмөктөн өзгөрүлмө ток өткөндө гана түзүлгөндүктөн, дросселдер өзгөрүлмө жана турактуу токторду ажыратууга мүмкүндүк берет.

(8.6) – формуладан индуктивдүү каршылык  $R_L$  өзгөрүлмө токтун жыштыгына ( $\omega$ ) пропорциялаш болорун көрөбүз. Ошондуктан өтө чоң жыштыктарда өзгөрүлмө токтун чынжырындагы кичинекей индуктивдүүлүктөр деле өтө чоң каршылыктарды жаратарын эске алган оң.

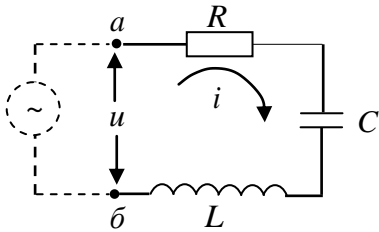
4. Жогоруда (8.1-8.3) алынган натыйжаларды пайдаланып ар кандай чынжырдагы ток менен чыңалуунун термелүүлөрүнүн өз ара байланышын табууга болот.

Эми биз ***өз ара удаалаш туташтырылган каршылыктан, сыйымдуулуктан жана индуктивдүүлүктөн турган чынжырды*** карайлы (8.10-сүрөт, *a*). Мурдагыдай эле, чынжырдагы ток

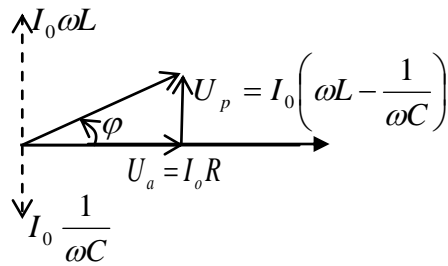
$$i = I_0 \sin \omega t$$

закону боюнча өзгөрсүн дейли жана чынжырдын учтарындагы чыңалууну эсептейли.

Өткөргүчтөрдү удаалаш туташтырганда чыңалуулар өз ара кошулгандыктан биз издеген жалпы чыңалуу  $u$  каршылыктагы, сыйымдуулуктагы жана индуктивдүүлүктөгү чыңалуулардын суммасына барабар. Бул үч гармоникалык термелүүлөрдү өз ара кошуу үчүн вектордук диаграммадан пайдаланабыз (8.10-сүрөт, б).



а)



б)

8.10-сүрөт. Өзгөрүлмө токтун каршылык, сыйымдуулук жана индуктивдүүлүк өз ара удаалаш туташтырылган чынжыры (а) жана андагы чыңалуулардын вектордук диаграммасы.

Каршылыктагы чыңалуунун термелүүлөрү токтун огуна бойлото өзгөрүүчү  $U_a = I_0 R$  вектору, ал эми индуктивдүүлүктөгү жана сыйымдуулуктагы чыңалуунун термелүүлөрү токтун огуна перпендикуляр - узундуктары

$$U_L = I_0 \omega L$$

жана  $U_C = I_0 \frac{1}{\omega C}$  болгон векторлор аркылуу сүрөттөлөт.

Акыркы эки термелүүнү өз ара кошуп, биз токтордун огуна перпендикуляр жана узундугу

$$U_p = I_0 \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

болгон  $\vec{U}_p$  вектору менен сүрөттөлүүчү бир гармоникалык термелүүгө ээ болобуз

Мына ошентип, чынжырдын  $a$  жана  $b$  учтарындагы толук чыңалууну эки гармоникалык термелүүлөрдүн: ток менен бирдей фазадагы  $U_a$  чыңалуусунун жана токтон фазасы боюнча  $\pi/2$  ге айырмаланган  $U_p$  чыңалуусунун суммасы катары кароого болот. Алардын биринчиси ( $U_a$ ) чыңалуунун активдүү түзүүчүсү, ал эми экинчиси ( $U_p$ ) - реактивдүү түзүүчүсү деген атка ээ. Бул эки термелүү кошулганда дагы бир гармоникалык термелүү пайда болот:

$$u = U_0 \sin(\omega t + \varphi). \quad (8.7)$$

Мындагы  $U_0$  жана  $\varphi$  нин маанилери 8.10-сүрөттөн оңой эле аныкталат:

$$U_0 = I_0 \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}, \quad (8.8)$$

жана

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}. \quad (8.9)$$

(8.8) – формулада чыңалуунун амплитудасы  $U_0$  токтун амплитудасына  $I_0$  пропорциялаш. Ошондуктан 8.8-формуланы кээде **өзгөрүлмө ток үчүн Омдун законунун формуласы** деп аташат. Бирок бул формула чыңалуунун жана ток күчүнүн убакыттын ар бир моментиндеги (заматтык) маанилери үчүн эмес, алардын *амплитудаларына гана* тиешелүү экендигин эстен чыгарбоо зарыл.

Турактуу ток учурунда чыңалуунун ток күчүнө болгон катышын өткөргүчтүн каршылыгы деп аташат. Ушуга окшотуп өзгөрүлмө токтогу толук чыңалуунун *амплитудасынын* токтун *амплитудасына* болгон катышын өзгөрүлмө токтун чынжырынын *толук каршылыгы (импедансы)* деп аташат:

$$Z = \frac{U_0}{I_0} = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}. \quad (8.10)$$

Анда чыңалуунун активдүү түзүүчүсүнүн амплитудасынын  $U_a$  токтун амплитудасына  $I_0$  болгон катышы, б.а.

$$\frac{U_a}{I_0} = R$$

чынжырдын *активдүү (омдук) каршылыгы* деп аталат. Ал чынжырдын турактуу токко “көрсөткөн” каршылыгына барабар. Активдүү каршылык өткөргүчтөгү электрондордун «сүрүлүүсү, кагылышуулары» менен шартталган жана анын аракети ар дайым Джоуль-Ленц жылуулугунун бөлүнүп чыгуусу менен коштолот.

Чыңалуунун реактивдүү түзүүчүсүнүн амплитудасынын ( $U_p$ ) токтун амплитудасына ( $I_0$ ) болгон катышы

$$y = \frac{U_p}{I_0} = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

чынжырдын *реактивдүү каршылыгы* деп аталат. Ал индуктивдүүлүктүн жана сыйымдуулуктун ыйгарылган каршылыктарынын айырмасына барабар. Реактивдүү каршылыкта жылуулук бөлүнүп чыкпайт. (8.10)-формуладан чынжырдын активдүү жана реактивдүү каршылыктары өз ара геометриялык (вектордук) кошуларын көрүүгө болот.

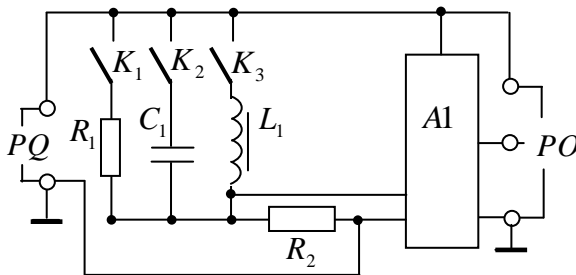
Жогоруда талданган учурлардын бардыгында биз чынжырдын участогун бөлүп карадык жана  $u$  деп участоктун учтарына ( $a$  жана  $b$ )

коюлган чыңалууну белгилеп келдик. Бирок жогоруда алынган формулалардын бардыгын өз ичине ЭККсы  $\mathcal{E}$  болгон генераторду камтыган туюк чынжыр үчүн да колдонууга болот. Бул учурда  $R$ -чынжырдын толук, генератордун ички каршылыгын да кошо камтыган, активдүү каршылыгы, ал эми  $C$  жана  $L$  - чынжырдын толук сыйымдуулугу жана индуктивдүүлүгү,  $u = \mathcal{E}$ .

### *Ишти аткаруунун усулу*

Бул лабораториялык иш ФПЭ-09/ПИ кассетасынын (8.11-сүрөт) жардамында аткарылат. ГЗ-123 генераторунан алынган синусоидалык электрдик термелүү ФПЭ-09 / ПИ кассетасы аркылуу осциллографка берилет.

Кассетадагы  $K_1$ ,  $K_2$  жана  $K_3$  ачкычтары (баскычтар) чынжырга тиешелүү түрдө өз ара удаалаш  $R_1 + R_2$  каршылыгын,  $C$  жана  $R_2$  ни жана  $L$  жана  $R_2$  ни кошууга мүмкүндүк берет. Бул элементтердин бири чынжырга кошулганда калган экөө чынжырдан автоматтык түрдө



8.11-сүрөт. ФПЭ-09/ПИ кассетасынын электрдик схемасы.

ажыратылат. ФПЭ-09 / ПИ кассетасына жогорку жыштыктагы коммутатордук блок (A1) жайгаштырылган. Ал блок осциллографка үн генераторунан келген сигналды жана чынжырдын элементтери ( $R_1 + R_2$ ,  $C$  жана  $R_2$  же  $L$  жана  $R_2$ ) аркылуу өтүүчү сигналды кезеги менен мезгилдүү өткөрүп берип турат. Ошондуктан, осциллографтын экранында бир учурда эки сүрөттөлүштү - генератордон алынган сигналдын (чыңалуунун) жана чынжырдын элементтери аркылуу өткөн токтун күчүнүн убакыттан көз карандылыктарын чогуу көрүүгө болот. Мында амплитудасы чоң ийри чыңалууга, ал эми башкасы – ток күчүнө тиешелүү.

(8.8) – жана (8.9) – формулаларды лабораториялык курулманын мүмкүнчүлүктөрүнө ылайыкташтырып, төмөнкүдөй өзгөртүп пайдаланабыз:

а)  $K_1$  басылганда, б.а. чынжырга активдүү каршылык гана кошулган ( $R = R_1 + R_2, C = 0, L = 0$ ) учурда:

$$U_0 = I_0 R, \quad (8.8a)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0, \quad \varphi = 0. \quad (8.9a)$$

б)  $K_2$  басылганда, б.а. чынжырга “сыйымдуу” жана активдүү каршылык удаалаш кошулган ( $R = R_2, C = C_1, L = 0$ ) учурда:

$$U_0 = I_0 \sqrt{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C_1}\right)^2}, \quad (8.8б)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = -\frac{1}{R_2 \omega C_1}, \quad |\varphi| = \operatorname{arctg} \frac{1}{R_2 \omega C_1}. \quad (8.9б)$$

в)  $K_3$  басылганда, б.а. чынжырга “индуктивдүү” жана активдүү каршылык удаалаш кошулган ( $R = R_2, C = 0, L = L_1$ ) учурда:

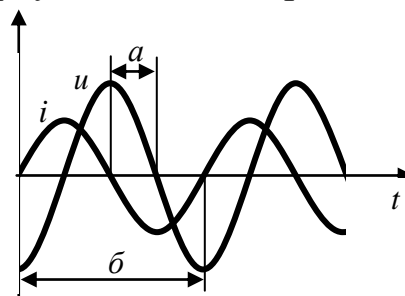
$$U_0 = I_0 \sqrt{R_2^2 + (\omega L_1)^2}, \quad (8.8в)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L_1}{R_2}, \quad \varphi = \operatorname{arctg} \frac{\omega L_1}{R_2}. \quad (8.9в)$$

Эгерде кассетадагы  $R_2, C_1$  жана  $L_1$  лердин чоңдуктары белгилүү болсо (тиркемедеги Т10-таблица), анда чынжырдын бөлүгүнүн учтарындагы чыңалуу менен токтун фазаларынын күтүлүүчү айырмасын ( $\varphi_T$ ) жогорудагы формулалардын жардамында оңой эле эсептеп чыгарууга болот.

Лабораториялык ишти аткаруу учурунда кассетадагы  $R_2, C_1$  жана  $L_1$  лердин маанилерин өзгөртүүгө мүмкүн болбогондуктан тиешелүү учурдагы фазалардын айырмасын даана байкоо жана өлчөө үчүн генератордон алынуучу сигналдын жыштыгын туура тандоо өтө маанилүү. Мисалы,  $45^\circ$  тук фазалык жылышты байкоо үчүн (8.9б)–дан  $\operatorname{tg} 45^\circ = 1 = -\frac{1}{R\omega C}$ , мындан  $|\omega| = \frac{1}{RC}$  же (8.9в) – дан  $\operatorname{tg} 45^\circ = 1 = \frac{\omega L}{R}$ , мындан  $\omega = \frac{R}{L}$  болушу керек. Ал эми  $R, C$  жана  $L$  дер турактуу болгон кезде б)-учурун төмөнкү, в)-учурун жогорку жыштыктарда изилдөө байкаларлык  $\varphi$  ни бериш керек.

$i(t)$  жана  $u(t)$  лардын термелүүлөрүнүн фазалык жылышуусунун байкалган чоңдугу ( $\varphi_3$ ) алардын осциллографтын экранындагы сүрөттөлүштөрүнөн төмөнкүдөй аныкталат (8.12-сүрөт):



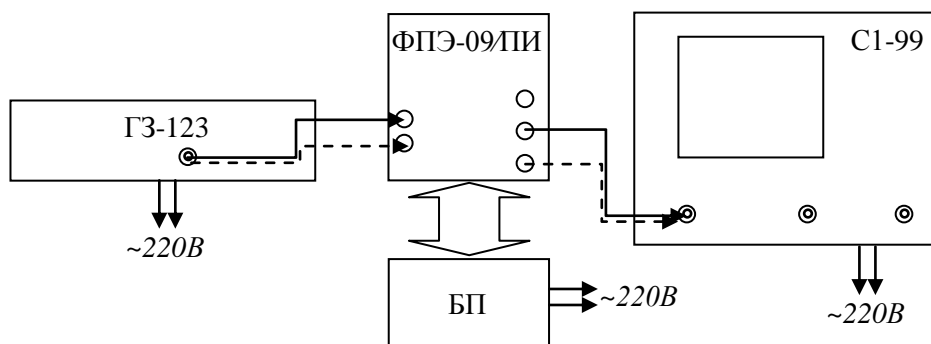
8.12-сүрөт. Чынжырдагы токтуу жана чыңалуунун термелүүлөрүнүн арасындагы фазалык жылышуу

$$\varphi = \frac{a}{b} \cdot 360^\circ,$$

мында  $b$  -  $i(t)$  же  $u(t)$  ийрилеринин бир толук термелүү аралыгы,  
 $a$  -  $i(t)$  жана  $u(t)$  термелүүлөрүнүн окшош фазаларынын арасындагы аралык.

### ***Ишти аткаруунун тартиби***

1. Иште колдонулуучу куралдар менен таанышкыла жана 8.13-сүрөттө көрсөтүлгөн схемага ылайык электр чынжырын жыйнагыла.
2. Осциллографты, үн генераторун жана ФПЭ-09/ПИ кассетасын азыктандыруучу блоктору алар жайгашкан текчедеги розеткаларга, ал эми анын вилкасын бөлмөдөгү электр тармагына (ток булагына) кошуп иштеткиле да, экранда чыңалуунун жана ток күчүнүн термелүүлөрүнүн кыймылсыз даана сүрөттөлүштөрүн алууга аракет кылгыла.



*8.13-сүрөт. Эксперименталдык курулманын блок-схемасы.*

3. Чынжырдагы ток күчү менен анын активдүү каршылыкты камтыган бөлүгүнүн учтарындагы чыңалуунун тандап алынган жыштыктагы термелүүлөрүнүн фазаларын өз ара салыштыргыла. Ал үчүн:

- ФПЭ-09/ПИ кассетасынын алдыңкы панелиндеги " $K_1$ " баскычын басып, чынжырга ( $R_1$ ) резисторду кошкула. Осциллографтын тиешелүү жөнгө салуучу бурагычтарын жана баскычтарын пайдаланып, кайрадан кыймылсыз так сүрөттөлүштөрдү алууга жетишкиле.
- $i(t)$  жана  $u(t)$  көз карандылыктарынын графиктерин өз ара салыштырып, алардын ортосундагы фазалардын айырмасынын эксперименталдык маанисин ( $\varphi_{\text{э}}$ ) аныктагыла.
- (8.9а)-формуласынын жардамында фазалардын айырмасынын күтүлүүчү маанисин ( $\varphi_{\text{т}}$ ) эсептегиле жана аны  $\varphi_{\text{э}}$  ге салыштыргыла.



- Үн генераторунан алынуучу сигналдын жыштыгын өзгөртүп, ар бир учур үчүн фазалардын айырмасын аныктагыла, алынган маалыматтарды 8.1-таблицага түшүрүп тиешелүү тыянак чыгаргыла.
- Экрандагы  $i(t)$  жана  $u(t)$  нын ийрилеринин өзүңөргө жаккан бир түгөйүн дептериңерге мисал катары көчүрүп алгыла.

*Активдүү каршылыктын учтарындагы чыңалуу менен ал аркылуу өтүп жаткан ток күчүнүн термелүүлөрүнүн фазаларынын айырмасы*

*(  $C=0, L=0, R=R_1+R_2$  ) 8.1-таблица*

	$R_1$	$R$	$\nu$	$\omega$	$tg \varphi_T$	$\varphi_T$	$\varphi_\Delta$
<i>бирдиги</i>							
1							
2							
3							

4. Чынжырдагы ток күчүнүн жана конденсаторду камтыган бөлүгүнүн учтарындагы потенциалдар айырмасынын термелүүлөрүнүн фазалар айырмасын изилдегиле. Ал үчүн:

- ФПЭ-09 / ПИ кассетасындагы " $K_2$ " баскычын басып, чынжырга (С) конденсаторду кошкула. Бул учурда  $R_1$  резистору чынжырдан автоматтык түрдө ажырайт, конденсатор  $R_2$  резисторуна удаалаш кошулат ( $R_2$  резистору ар кандай реалдуу чынжыр сөзсүз белгилүү бир каршылыкка ээ экендигин көрсөтөт).
- Жөнгө салгыч бурагычтардын жардамында экранда  $i(t)$  жана  $u(t)$  нын кыймылсыз сүрөттөлүштөрүн алууга жетишике да алардын ортосундагы фазалардын айырмасын жана анын белгисин аныктагыла.
- (8.9б)-формуласынын жардамында фазалардын айырмасынын күтүлүүчү маанисин ( $\varphi_T$ ) эсептегиле жана аны  $\varphi_\Delta$  ге салыштыргыла.
- Чынжыр аркылуу өтүүчү өзгөрүлмө сигналдын жыштыгын өзгөртүп,  $i(t)$  жана  $u(t)$  термелүүлөрүнүн арасындагы фазалардын айырмасынын сигналдын жыштыгынан көз карандылыгын изилдегиле.
- Тажрыйбада байкалган маалыматтарды 8.2-таблицага түшүрүп, тиешелүү тыянактарды чыгаргыла жана, мисал катары, экрандагы даана сүрөттөлүштөрдүн бирин дептериңерге көчүрүп чийип алгыла.

Удаалаш  $RC$ -чынжырынын учтарындагы чыңалуу менен чынжыр аркылуу өтүп жаткан ток күчүнүн термелүүлөрүнүн фазаларынын айырмасы

$$(R=R_2, C=C_1, L=0)$$

8.2-таблица

	$R$	$C$	$\nu$	$\omega$	$tg \varphi_T$	$\varphi_T$	$\varphi_{\Sigma}$
<i>бирдиги</i>							
1							
2							
3							

5. Чынжырдагы ток күчүнүн жана индуктивдүү түрмөктү камтыган бөлүгүнүн учтарындагы чыңалуунун термелүүлөрүнүн фазалар айырмасын изилдегиле. Ал үчүн:

- ФПЭ-09 / ПИ кассетасындагы  $K_3$  баскычын басып, чынжырга ( $L$ ) индуктивдүү түрмөктү кошкула.
- Жөнгө салгыч бурагычтардын жардамында экранда  $i(t)$  жана  $u(t)$  нын кыймылсыз сүрөттөлүштөрүн алууга жетишике да алардын ортосундагы фазалардын айырмасын жана анын белгисин аныктагыла.
- (8.9в)-формуласынын жардамында фазалардын айырмасынын күтүлүүчү маанисин ( $\varphi_T$ ) эсептегиле жана аны  $\varphi_{\Sigma}$  ге салыштыргыла.
- Чынжыр аркылуу өтүүчү сигналдын жыштыгын өзгөртүп,  $\varphi(\omega)$  көз карандылыгын изилдегиле.
- Алынган маалыматтарды 8.3-таблицага түшүрүп, тиешелүү тыянактарды чыгаргыла жана, мисал катары, экрандагы даана сүрөттөлүштөрдүн бирин дептериңерге көчүрүп чийип алгыла.

Удаалаш  $RL$ -чынжырынын учтарындагы чыңалуу менен чынжыр аркылуу өтүп жаткан ток күчүнүн термелүүлөрүнүн фазаларынын айырмасы

$$(R=R_2, C=0, L=L_1)$$

8.3-таблица

	$R$	$L$	$\nu$	$\omega$	$tg \varphi_T$	$\varphi_T$	$\varphi_{\Sigma}$
<i>бирдиги</i>							
1							
2							
3							

### ***Билимди текшерүү үчүн суроолор***

1. Өзгөрүлмө токтун мүнөздөмөлөрүн (мезгилин, жыштыгын, айланма жыштыгын, фазасын, амплитудасын) тиешелүү чиймелердин жардамында түшүндүргүлө.
2. Активдүү, «индуктивдүү» жана «сыйымдуу» каршылыктардын табиятындагы айырмачылыктарды көрсөткүлө.
3. Эмне себептен «сыйымдуу» каршылыкта чыңалуунун өзгөрүшү фазасы боюнча токтун күчүнөн кечигерин, ал эми «индуктивдүү» каршылыкта - озорун түшүндүргүлө.
4. Токтун күчү менен чыңалуунун термелүүлөрүнүн фазаларынын айырмасын аныктоонун кандай практикалык мааниси бар?
5. Өзгөрүлмө токтун практикалык колдонулуштарына мисалдар келтиргиле.

## 9. Өчүүчү электрдик термелүүлөр

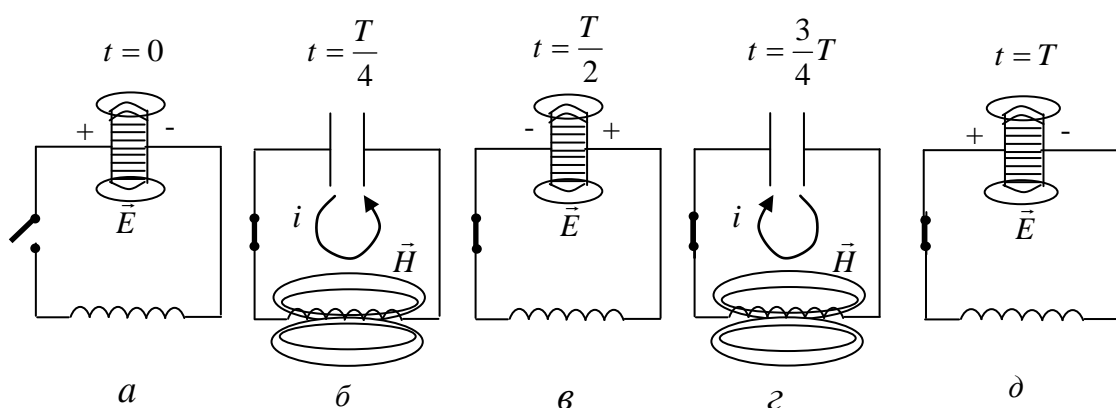
**Иштин максаты:** Өчүүчү электрдик термелүүлөрдү байкоо жана өчүүнүн декрементин аныктоо.

**Иштин жабдылышы:** ФПЭ-10/11 кассетасы, ПИ/ФПЭ-09 импульсту өзгөрткүчү, эки нурдуу С1-99 электрондук осциллографы, үндүк жыштыктагы сигналдардын ГЗ-123 генератору, каршылыктардын магазини.

### Иштин кыскача теориясы

Түрдүү электрдик кубулуштардын ичинен электрдик чоңдуктар (заряддар, токтор, электр жана магнит талаалары) мезгилдүү өзгөрүп турган *электромагниттик термелүүлөр* өзгөчө орунду ээлейт. Электромагниттик термелүүлөрдү ар түрдүү маанилүү техникалык түзүлүштөрдө, байланыш кызматтарында (телефон, телеграф, радиобайланыш) колдонушат. Техникадагы өзгөрүлмө токтор да электрдик термелүүлөрдүн мисалы боло алат. Жарык кубулуштары да электромагниттик термелүүлөрдүн натыйжасы.

Жөнөкөй электрдик термелүүлөрдү *термелүү контуру* деп аталган жана өз ара удаалаш туташтырылган конденсатордон жана индуктивдүүлүк түрмөгүнөн турган курулманын жардамында окуп үйрөнүүгө болот (9.1-сүрөт). Биз мындан ары термелүү контурундагы түрмөктүн оромдорунун арасындагы сыйымдуулук конденсатордун сыйымдуулугуна караганда өтө аз, ал эми конденсатордун жана



9.1-сүрөт. Сыйымдуулугу конденсаторго жана индуктивдүүлүгү түрмөккө топтоштурулган контурдагы электрдик термелүүлөр

туташтыруучу өткөргүчтөрдүн индуктивдүүлүгү түрмөктүн индуктивдүүлүгүнөн өтө кичине болсун деп эсептейли. Муну сыйымдуулугу конденсаторго жана индуктивдүүлүгү түрмөккө топтоштурулган контур же *жабык термелүү контуру* деп атап

коюшат. Конденсаторду ток булагына кошуп, заряддайлы. Бул учурда конденсатордун канаттарынын арасында белгилүү энергияга ээ болгон электр талаасы түзүлөт (9.1-сүрөт, а. Чиймеде ток булагы көрсөтүлгөн эмес). Эми ток булагын үзүп, чынжырды туюктайлы, б.а. конденсаторду индуктивдүүлүк түрмөгүнө бириктирели. Конденсатор разряддала баштайт, натыйжада андагы электр талаасы начарлайт. Бул учурда контур аркылуу электр тогу өтө баштайт, анын эсебинен индуктивдүүлүк түрмөгүндө магнит талаасы пайда болот. Термелүү мезгилинин төрттөн бирине барабар убакыт ичинде конденсатор толук разряддалып бүтүп, анда электр талаасы калбайт. Ошол мезгилде түрмөктөгү магнит талаасы өзүнүн эң чоң маанисине жетет, демек, электр талаасынын энергиясы толугу менен магнит талаасынын энергиясына айланат (9.1-сүрөт, б). Убакыттын кийинки моменттеринде магнит талаасы жоголо баштайт, анткени чынжырда аны колдоочу ток жок. Бул азайып баруучу талаа өзүнчө индукциянын тогун пайда кылат. Ленцтин эрежесине ылайык, бул ток конденсатор разряддалгандагы токту колдоого аракет кылат жана аны менен бирдей багытталат. Ошондуктан конденсатор кайра заряддалып, анын канаттарынын арасында мурдагыга карама-каршы багыттагы электр талаасы түзүлөт. Мезгилдин жарымына тең убакыт өткөндө түрмөктөгү магнит талаасы толук жоголуп, конденсатордогу электр талаасынын энергиясы максимумга жетет, б.а. магнит талаасынын энергиясы толугу менен кайрадан электр талаасынын энергиясына айланат (9.1-сүрөт, в). Андан ары конденсатор кайрадан разряддалып, контурда мурдагы стадиядагыга карама-каршы багытталган ток жүрөт.  $\frac{3}{4}T$  убакыт өткөндө конденсатор толук разряддалып, электр талаасынын энергиясы кайрадан магнит талаасынын энергиясына айланат (9.1-сүрөт, г) ж.б.д.у.с. Убакыттын ар бир, термелүүнүн толук мезгилине тең аралыктарындагы контурдун электрдик абалы термелүү башталардагы алгачкы абалга окшош кайталанат (9.1-сүрөт, а).

Эгерде контур токко каршылык көрсөтпөсө, б.а.  $R = 0$  болсо, анда жогоруда сөз болгон электр энергиясынын магнит талаасынын энергиясына жана тескерисинче мезгилдүү айлануу процесси чексиз узак убакытка уланып, биз *өчпөөчү электрдик термелүүлөрдү* байкаган болор элек.

Мындай, термелүү контурунун өзүндө жүрүүчү процесстердин аракети менен дүүлүгүүчү электрдик термелүүлөр, *өздүк электрдик термелүүлөр* деген атка ээ.

Механикалык жана электрдик термелүүлөрдүн ортосундагы окшоштукту пайдаланып, так теорияны пайдаланбай туруп, электрдик

термелүүлөрдүн мезгилин оңой эле эсептөөгө болот. Механикадан, пружинага илинген жүктүн термелүү мезгили

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (9.1)$$

формуласы аркылуу туюнтулары белгилүү, мында  $m$  - жүктүн массасы,  $k$  - пружинанын серпилгичтүүлүгү. Электрдик термелүүлөр учурунда массанын ролун контурдун индуктивдүүлүгү ( $m \rightarrow L$ ), ал эми серпилгичтүүлүктүн ролун сыйымдуулукка тескери болгон чоңдук ( $k = \frac{1}{C}$ ) аткарат. Анда

$$T = 2\pi\sqrt{LC} . \quad (9.2)$$

Өчпөөчү электрдик термелүүлөрдүн жыштыгы (1с ичиндеги толук термелүүлөрдүн саны)

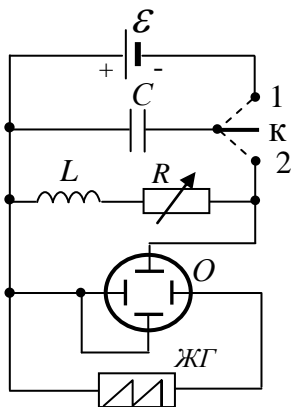
$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} , \quad (9.2a)$$

ал эми айланма жыштыгы

$$\omega = 2\pi\nu = \sqrt{\frac{1}{LC}} . \quad (9.2b)$$

Эгерде (9.2)-формулада  $L$ -Генри,  $C$  - Фарад аркылуу туюнтулса, анда мезгил  $T$  - секундаларда туюнтулат.

(9.2)-туюнтма контурдун сыйымдуулугунун жана индуктивдүүлүгүнүн чоңоюшу менен термелүүлөрдүн мезгилинин чоңоюрун көрсөтөт. Ошондуктан,  $L$  жана  $C$  ны жетишерлик чоң кылып



9.2-сүрөт. Осциллографтын жардамында электрдик термелүүлөрдүн байкоонун схемасы

тандап алуу менен термелүүлөрдү жайлатып, аларды термелүү контуруна кошулган кадимки жебелүү миллиамперметрдин жардамында байкоого болот. Мисалы,  $L = 100 \text{ Гн}$  (жогорку чыңалуу берүүчү трансформатордун экинчи орому),  $C = 100 \text{ мкФ} = 10^{-4} \text{ Ф}$  болсо, анда

$$T = 2\pi\sqrt{100 \cdot 10^{-4}} = 2\pi \cdot 0.1 \approx 0,6 \text{ с} .$$

$L$  же  $C$  нын чоңдугун өзгөртүү аркылуу алардын термелүүнүн мезгилине таасирин жеңил эле

байкоого болот.

Электрдик термелүүлөрдү тажрыйбада тагыраак изилдөө үчүн 9.2-сүрөттө көрсөтүлгөн схема кызмат кыла алат. Термелүү контуру  $C$

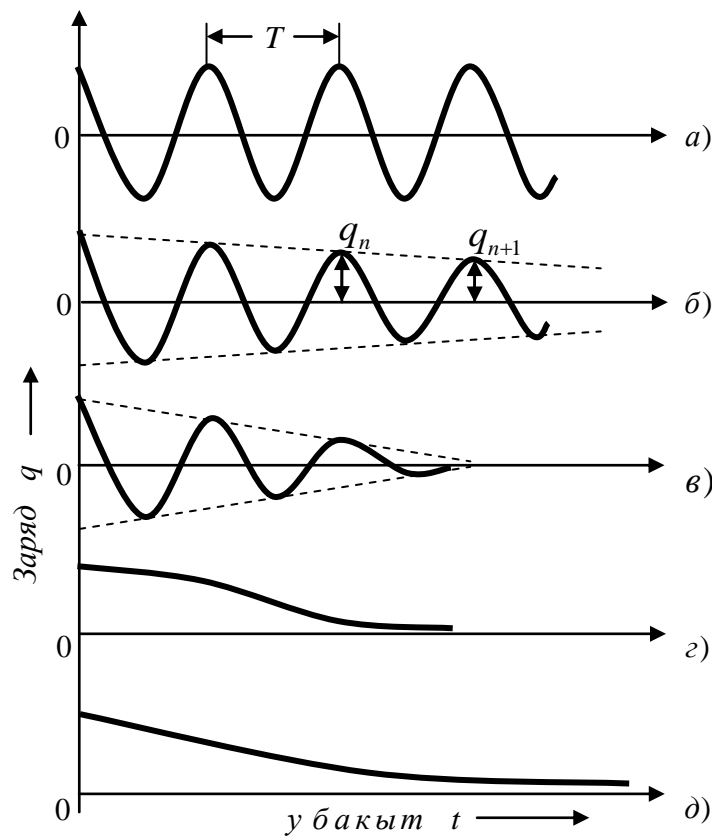
сыйымдуулугунан,  $L$  индуктивдүүлүгүнөн жана  $R$  өзгөрүлмө каршылыгынан (реостаттан) турат. Ачкыч 1-абалга кошулганда конденсатор  $\mathcal{E}$  батареясынан заряддалат. Ачкычты 2-абалга которгондо термелүү контуру туюкталып, анда термелүүлөр жүрө баштайт.

Конденсатордун канаттарынын арасындагы чыңалуу осциллографтын  $Y$  пластиналарына (кирмегине), ал эми анын  $X$  пластиналарына осциллографтагы атайын жаюучу генератордон (ЖГ) сигналды убакыт боюнча жаюучу араа сымал чыңалуу берилет. Анда электрондук нур экранда чыңалуунун убакыттан көз карандылыгын

$u = f(t)$  чагылткан ийрини сызат.  $u = \frac{q}{C}$  ( $q$  - конденсатордун

зарядынын заматтык мааниси) болгондуктан алынган ийри ошол эле учурда (тиешелүү масштабда) конденсатордун зарядынын убакыт боюнча өзгөрүшүн да көрсөтөт. Эгерде контур каршылыкка ээ болбосо ( $R = 0$ ), биз өчпөөчү электрдик термелүүлөрдү байкаар элек. Бул учурда конденсатордун зарядынын убакыттын өтүшү менен өзгөрүшү 9.3-сүрөттө көрсөтүлгөндөй синусоида көрүнүшүндөгү (а) ийри аркылуу туюнтулар эле. Конденсатордогу чыңалуу да, контурдагы ток күчү да ушул эле закон боюнча өзгөрүүгө дуушар болушуп, биз гармоникалык термелүүгө ээ болор элек.

Чындыгында контурдун каршылыгы эч качан нөлгө тең болбойт.



9.3-сүрөт. Электрдик термелүүлөрдүн үчү

Ушул себептен конденсаторго алгач топтолгон энергия термелүү учурунда үзгүлтүксүз Джоуль-Ленц жылуулугун бөлүп чыгарууга сарпталып барат да электрдик термелүүлөрдүн интенсивдүүлүгү улам барган сайын басаңдай берет жана, акырында термелүү толук токтойт.

Ошондуктан осциллографтын экранында 9.3б-сүрөттөгү сыяктуу ийрини көрөбүз (өчүүчү электрдик термелүүлөр). Эгерде контурдун каршылыгы

көбөйсө, анда термелүүлөрдүн өчүүсү тездейт ( $\delta$  -ийриси).

9.3-сүрөттөгү  $b$  жана  $\delta$  ийрилери аркылуу сүрөттөлүүчү өчүүчү термелүүлөр туруктуу мезгилге ээ эмес ( $T \neq const$ ), ошондуктан, аларды так айтканда, мезгилдүү процесс деп айта албайбыз. Ошондой болсо да, өчүү жай болгон учурларда,  $b$  жана  $\delta$  ийрилеринин анчалык чоң эмес кесиндилерин *жакындаштырып* тиешелүү синусоиданын бөлүгү, ал эми өчүүчү термелүүлөрдү - амплитудасы улам азайып баруучу гармоникалык термелүүлөр катары эсептей алабыз.

Өчүүнү сандык мүнөздөө үчүн удаалаш эки  $q_n$  жана  $q_{n+1}$  амплитудалардын (9.3-сүрөт, б) процессте турактуу сакталуучу катышын пайдаланышат. Бул катыштын натуралдык логарифмин

$$\delta = \ln \frac{q_n}{q_{n+1}} \quad (9.3)$$

термелүүлөрдүн өчүүсүнүн чени катары карашат да *өчүүнүн логарифмдик декременти* (же *өчүүнүн декременти*) деп аташат.

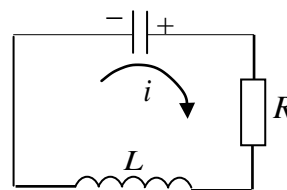
Эгерде контурдун каршылыгын ( $R$ ) улам көбөйтсөк, термелүүлөрдүн өчүүсү тездейт жана өчүүнүн декременти чоңоет. Каршылыктын мааниси ушул контур үчүн мүнөздүү болгон белгилүү бир чектен ( $R_K$ ) ашканда, контурда эч кандай термелүү пайда болбойт жана разряд 9.3-сүрөттөгү  $\delta$  ийриси аркылуу сүрөттөлөт. Бул учурда конденсатордун заряды алгач жай, андан кийин тез монотондуу азайып, асимптотикалык түрдө нөлгө умтулат. Каршылык андан ары көбөйгөндө бул ийри 9.3-сүрөттөгү  $\delta$  ийрисинин көрүнүшүн алат.

$R_K$  каршылыгы контурдун *критикалык каршылыгы* деп аталат. Анын чоңдугу контурдун сыйымдуулугунун жана индуктивдүүлүгүнүн чоңдугуна жараша болот. Электрдик термелүүлөр жүрсүн үчүн контурдун активдүү каршылыгы андан аз болушу ( $R < R_K$ ) зарыл.  $R > R_K$  учурунда мезгилсиз разряд байкалат.

Эми контурдагы өздүк термелүүлөрдү сандык эсептөөлөргө өтөлү.

Контурдагы электрдик процесстер дээрлик стационардуу болсун деп эсептейли. Бул шарт ток күчүнүн заматтык мааниси  $i$  контурдун бардык жеринде бирдей жана электрдик чоңдуктардын заматтык маанилерине Кирхгофтун закондорун колдонууга болот дегенди билдирет.

9.4-сүрөттө көрсөтүлгөн учур үчүн  $q > 0, i > 0$  деп эсептейли. Кирхгофтун экинчи законуна ылайык контурдагы чыңалуулардын төмөндөшүнүн суммасы анда



9.4-сүрөт. Реал термелүү контуру.



аракеттенүүчү ЭККлардын суммасына барабар.  $C$

Биздин мисалда чыңалуу эки жерде -  $R$  каршылыгында жана конденсатордо төмөндөйт:

$$u_1 = iR \quad \text{жана} \quad u_2 = -u_C.$$

Чынжырдагы өзүнчө индукциянын ЭККсы  $\mathcal{E} = -L \frac{di}{dt}$ .

Ошондуктан

$$iR - u_C = -L \frac{di}{dt}, \quad (9.4)$$

мындагы

$$u_C = \frac{q}{C}, \quad (9.5)$$

жана

$$i = -\frac{dq}{dt}. \quad (9.6)$$

Акыркы теңдемедеги минус белгиси ток көрсөтүлгөн оң багытта акканда конденсатордогу оң заряддын азайышын көрсөтөт. (9.5) – жана (9.6) – ны (9.4) – теңдемеге коюп, конденсатордун заряды үчүн

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

теңдемесине ээ болобуз. Бул теңдеменин эки тарабын тең  $L$  ге бөлөлү да төмөнкүдөй белгилөөлөрдү киргизип алалы:

$$\frac{R}{2L} = \alpha, \quad \frac{1}{LC} = \omega_0^2. \quad (9.7)$$

Анда

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\alpha \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0. \quad (9.8)$$

Мына ошентип, экинчи тартиптеги сызыктуу дифференциалдык теңдемеге ээ болдук. Дал ушундай көрүнүштөгү теңдемелерди  $u$  жана  $i$  үчүн да алууга болот.

Баштапкы шарттар төмөнкүдөй болсун:

$$t = 0 \text{ кезинде} \quad q = q_0, \quad \frac{dq}{dt} = 0. \quad (9.9)$$

Контур каршылыкка ээ эмес ( $R = 0$ ) деп эсептесек (9.8) – теңдеме жөнөкөй көрүнүшкө келет:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0. \quad (9.10)$$

Бул теңдеменин жалпы чечими

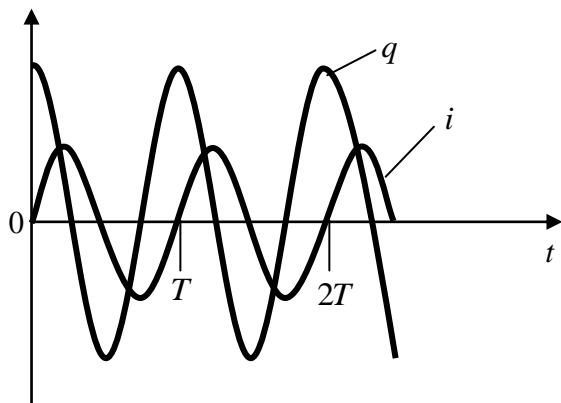
$$q = A \cos(\omega_0 t + \varphi), \quad (9.11)$$

мында  $A$  жана  $\varphi$  - термелүүнүн амплитудасы жана баштапкы фазасы.

(9.11) – теңдеме контурда жыштыгы  $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$  болгон гармоникалык термелүүлөр жүрөрүн көрсөтөт. Баштапкы шарттардан  $\varphi = 0$  жана  $A = q_0$  болорун эске алсак, анда

$$q = q_0 \cos \omega_0 t. \quad (9.12)$$

Анын графиги 9.5-сүрөттө көрсөтүлгөн косинусоида түрүндө болот..



9.5-сүрөт. Конденсатордун зарядынын жана чыңжырдагы ток күчүнүн термелүүлөрүнүн ийрилери

Алынган (9.12) – чечимди пайдаланып конденсатордогу чыңалуунун өзгөрүү законун табууга болот:

$$u_c = \frac{q}{C} = U_0 \cos \omega_0 t, \quad (9.13)$$

мында  $U_0 = \frac{q_0}{C}$  – чыңалуунун амплитудасы (ал конденсатордогу

алгачкы чыңалууга барабар).

Контурдагы ток күчү

$$i = -\frac{dq}{dt} = q_0 \omega_0 \sin \omega_0 t = I_0 \sin \omega_0 t, \quad (9.14)$$

мында  $I_0 = q_0 \omega_0$  - ток күчүнүн амплитудасы. Жогорудагы теңдемелерден заряд менен ток күчүнүн термелүүлөрү фазалары боюнча бири-биринен  $\frac{\pi}{2}$  ге (же  $90^\circ$  ка) айырмаланышарын көрүүгө болот.

Эми каршылыкка ээ болгон реалдуу контурду карайлы. Бул учурда термелүүлөр (9.8)–толук дифференциалдык теңдемелердин жардамында сүрөттөлөт. Бул теңдеменин чечиминин көрүнүшү андагы коэффициенттердин өз ара катнашына жараша болот.

$\omega_0^2 > \alpha^2$  учурунда теңдеменин чечими

$$q = A \cdot e^{-\alpha t} \cos(\omega t + \varphi), \quad (9.15)$$

мында  $A$  жана  $\varphi$  - турактуулар. Өчүүчү термелүүнүн жыштыгы

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}.$$

(9.15) – теңдеменин графиги 9.3-сүрөттөгү  $b$  жана  $v$  ийрилери түрүндө болот,  $v$  ийриси  $\alpha$  нын чоң маанилерине туура келет. (9.15) – формуланы айланма жыштыгы  $\omega$ , ал эми амплитудасы убакыт өткөн сайын

$$y = Ae^{-\alpha t}$$

закону боюнча өзгөрүп баруучу гармоникалык термелүү катары талдоого болот. Мындагы  $\alpha$  ны термелүүлөрдүн *өчүү коэффициентини* деп аташат.

(9.15)–теңдемеден убакыттын каалаган  $t_n$  жана  $t_{n+1} = t_n + T$  моменттериндеги конденсатордогу заряддын максималдык маанилерин таап, бирин экинчисине бөлсөк

$$\frac{q_n}{q_{n+1}} = e^{\alpha T},$$

мындан өчүүнүн логарифмдик декременти

$$\delta = \ln \frac{q_n}{q_{n+1}} = \alpha T, \quad (9.16)$$

б.а. ал өчүү коэффициентин термелүүнүн мезгилине көбөйткөнгө барабар болорун көрөбүз.

$\omega_0^2 < \alpha^2$ , б.а. контурдун каршылыгы өтө чоң болгон учурда (9.15)-теңдеме чечимге ээ болбойт, демек, контурда электрдик термелүүлөр жүрбөйт.

Жогорудагы талкуулоолордон, контурда электрдик термелүүлөр жүрүшү үчүн  $\omega_0^2 > \alpha^2$  шарты аткарылышы керек, б.а.

$$\frac{1}{LC} > \frac{R^2}{4L^2} \quad \text{же} \quad R < 2\sqrt{\frac{L}{C}} = R_K.$$

Контурдун параметрлери ( $R, L, C$ ) белгилүү болгон учурда андагы өчүүчү электрдик термелүүлөрдүн логарифмдик декрементин

$$\delta = \alpha T = \alpha \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi\alpha}{\sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}} = \frac{2\pi \frac{R}{2L}}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} = \frac{\pi R}{L\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} \quad (9.17)$$

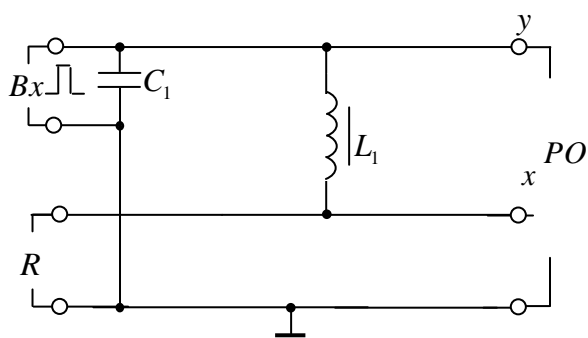
туюнтмасынын жардамында эсептөөгө болот. Контурдагы  $L$  жана  $C$  турактуу кезде андагы термелүүнүн өчүүсү контурдун активдүү каршылыгынан гана көз каранды:  $R$  дин көбөйүшү менен  $\delta$  да өсөт.

## Ишти аткаруунун тартиби

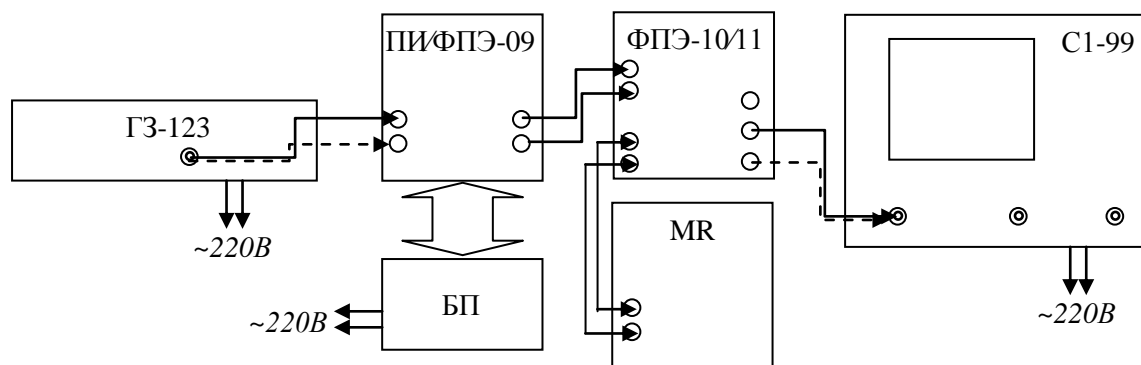
1. Иште колдонулуучу куралдар (С1-99 осциллографы, ГЗ-123 генератору) жана ФПЭ-10/11 кассетасынын беттик панелиндеги электрдик схема менен таанышып чыккыла (9.6-сүрөт).

2. 9.7-сүрөттө көрсөтүлгөн блок-схемага ылайык электр чынжырын жыйнагыла. Приборлорду ток булагына кошуп иштетип, «кызыткыла».

3. ГЗ-123 генераторунан жыштыгы  $\nu = \nu_1 = 100 \div 200 \text{ Гц}$  аралыгындагы синусоидалык сигналды ПИ / ФПЭ-09 сигнал өзгөрткүчтүн жардамында П-сымал сигналга айландыргыла да ФПЭ-10/11 кассетасына, андан ары осциллографка өткөргүлө. Магазинден (MR) чынжырга  $100 \text{ Ом}$  дук каршылык кошкула.



9.6-сүрөт. ФПЭ-10/11 кассетасынын электрдик схемасы.



9.7-сүрөт. Эксперименталдык курулманын блок-схемасы.

4. Осциллографтын башкаруучу бурагычтарын пайдаланып, анын экранында өчүүчү электрдик 2-3 толук термелүүнүн кыймылсыз даана сүрөтүн алууга аракет кылгыла.

5. Экрандагы сүрөттөн термелүүнүн бир нече удаалаш амплитудаларын өлчөп (мм) алгыла да өчүүнүн (логарифмдик) декрементин аныктагыла.

6. (9.17) – формуланы жана Т10-таблицаны пайдаланып өчүүнүн (логарифмдик) декрементинин теориялык маанисин эсептегиле ( $L = L_1 = 100 \text{ мГн}$ ,  $C = C_1 = 0,1 \text{ мкФ}$ ,  $R = R_1 + R_m$ , мында  $R_1 = 1,6 \text{ кОм} = \text{const}$ ,  $R_m$  –магазинден кошулган каршылык.  $R_1$  кассетанын панелиндеги схемада көрсөтүлбөй калган).

7. Термелүүлөрдүн өчүүсүнүн контурдагы каршылыктан көз карандылыгын изилдегиле (магазинден кошулуучу каршылыктын чоңдугун өзгөртүп, өлчөөлөрдү кайталагыла).
8. Генератордон берилүүчү сигналдын жыштыгын өзгөртүп ( $\nu = \nu_2$ ) 4 ÷ 6 пункттардагы көнүгүүлөрдү кайталагыла.
9. Алынган маалыматтарды таблицкага түшүрүп, тиешелүү тыянактарды жасагыла.

*Электрдик термелүүлөрдүн өчүү декрементин аныктоо*

9.1-таблица

	$\nu$	$L$	$C$	$R_1$	$R_m$	$R$	$\delta_{экс.}$	$\delta_{теор.}$
<i>бирдиги</i>								
1								
2								
3								
4								
5								
6								

***Билимди текшерүү үчүн суроолор***

1. Мезгилдүү электрдик термелүүлөрдү алуунун жолдору жана анын практикалык мааниси.
2. Термелүү контурундагы энергиянын өз ара айлануусу, анын азайышынын себептери.
3. Мезгилдүү электрдик термелүүлөрдүн негизги мүнөздөмөлөрү.
4. Термелүү контурундагы электрдик термелүүлөрдүн жыштыгын өзгөртүүнүн жолдору.
5. Термелүүнүн өчүүсүнүн декременти (логарифмдик декременти) деген эмне жана ал эмнелерден көз каранды?
6. Өчпөөчү электрдик термелүүлөрдү алуу үчүн эмне кылуу керек?

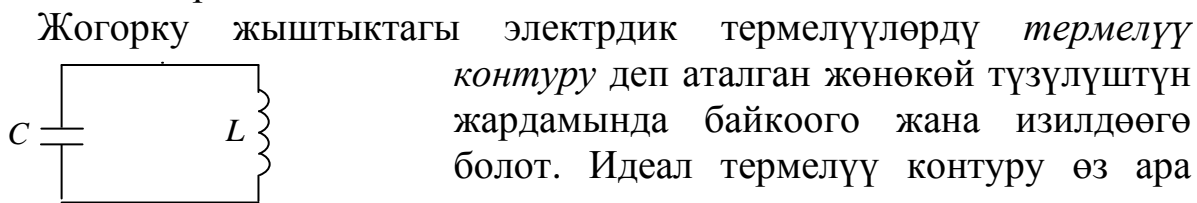
## 10. Аргасыз электрдик термелүүлөр

**Иштин максаты:** Аргасыз электрдик термелүүлөрдү окуп үйрөнүү, чыңалуулардын резонанс кубулушун байкоо.

**Иштин жабдылышы:** Коммутаторлуу ФПЭ-11 / 10 кассетасы, үндүк жыштыктагы электрдик сигналдардын ГЗ-123 генератору, С1-99 электрондук осциллографы, каршылыктар магазини, сыйымдуулуктар магазини.

### *Иштин кыскача теориясы*

*Электрдик термелүүлөр* деп параметрлери мезгилдүү өзгөрүүчү ар кандай электрдик токторду айтышат. Алардын арасынан параметрлери синус же косинус закону боюнча өзгөрүүчү токтор өзгөчө кызыкчылыкты жаратат. Мындай электрдик термелүүлөр *синусоидалдык же гармоникалык электрдик термелүүлөр* деп аталышат. Ага мисал катары шаардык электр тармактарындагы чыңалууну пайдаланган көптөгөн электр чынжырларында пайда болуучу токторду келтирүүгө болот. Турактуу электр тогуна караганда өнөр жайларында колдонулуучу төмөнкү жыштыктагы өзгөрүлмө токтор бир катар артыкчылыктарга ээ.



10.1-сүрөт. Идеал термелүү контурунун схемасы

Эгерде конденсаторду заряддап, контурду туюктасак, ички процесстердин эсебинен контурда түрдүү электрдик чондуктардын термелүүсү байкалат. Мындай өздүк термелүүлөрдүн мезгили

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (10.1)$$

жана айланма жыштыгы

$$\omega = 2\pi\nu = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (10.2)$$

туюнтмалары аркылуу аныкталат.

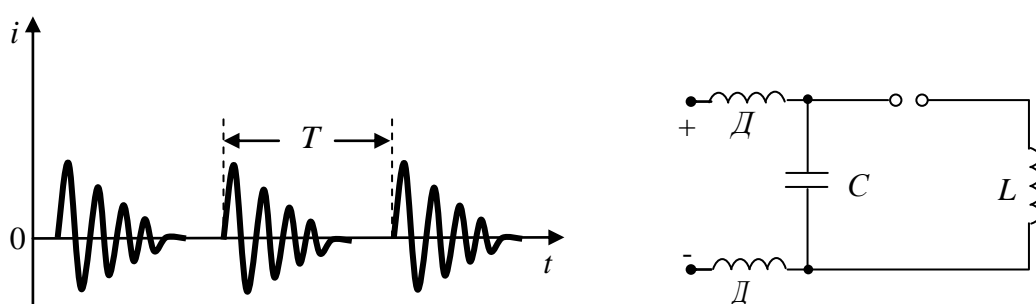
Каршылыксыз идеалдуу контурда дүүлүктүрүлгөн электрдик термелүүлөр өчпөөчү, синус (же косинус) закону боюнча өзгөрүүчү, б.а.

гармоникалык термелүү мүнөзүнө ээ болушу керек. Бирок, ар кандай реалдуу термелүү контуру аз да болсо, белгилүү чоңдуктагы электрдик каршылыкка ээ. Ошондуктан термелүү учурунда, б.а. контурдан ток өтүп жатканда электр энергиясы үзгүлтүксүз жылуулук энергиясына айланып барат. Натыйжада электрдик термелүүлөрдүн интенсивдүүлүгү улам барган сайын басаңдай берет жана, белгилүү убакыттан кийин, контурдагы термелүү «өчөт». Өчүүнүн тездиги контурдун каршылыгына жараша болот.

Электрдик термелүүлөрдү техникада колдонуу үчүн термелүүлөр токтобой узакка созулушу зарыл, а бул үчүн аларды колдоп туруу керек болот.

Термелүүлөрдү токтотпой кармап туруунун жөнөкөй жана эң алгачкы жолу 10.2-сүрөттө көрсөтүлгөн учкундук контурду пайдаланууга негизделген. Ал өз ара удаалаш туташтырылган  $C$  конденсаторунан,  $L$  индуктивдүүлүгүнөн жана учкундук разряддагычтан турат. Конденсатордун канаттарына турактуу жогорку чыңалуунун булагы туташтырылган.

Чыңалуу булагына кошулган конденсатор заряддалып, анын канаттарынын арасындагы чыңалуу өсө баштайт. Анын мааниси разряддагычтагы пределдик (көзөп өтүүчү) чыңалууга жеткенде разряддагычта термелүү контурун туюктоочу учкун өтөт жана контурда өчүүчү термелүүлөрдүн бүркүмү пайда болот. Ал термелүүлөр конденсатордогу чыңалуунун амплитудасы азайып, учкундун өчүү чыңалуусуна теңелгенге чейин уланат, андан кийин разряддалуу токтойт жана термелүүлөр үзүлөт. Андан кийин конденсатор кайрадан заряддалып, жогорудагы процесс кайталанат.



10.2-сүрөт. Учкундук термелүү контуру

Бул контур өтө жөнөкөй болгону менен бир топ кемчиликтерге ээ. Ал иштеп жатканда чыккан учкун өтө катуу үн (чуу) менен коштолуп турат, разряддагычтын электроддору тез күйүп иштен чыгат жана, эң негизгиси, алынуучу термелүүлөр синусоидалык (гармоникалык) термелүүлөрдөн кескин айырмаланышат. Ошондуктан учкундук контурлар азыркы учурда өтө сейрек колдонулат. Узагыраак созулуучу

электрдик термелүүлөрдү алууда *автотермелүүчү* системалар чоң мааниге ээ. Бул системаларда өчпөөчү термелүүлөр системанын өзүндө жүрүүчү процесстердин таасиринен пайда болушат, термелүүлөрдү колдоп туруу үчүн сырттан эч кандай аракет этүү талап кылынбайт.

Механикада автотермелүүчү системага мисал катары сааттарды келтирүүгө болот, аларда маятниктин өчпөөчү термелүүлөрү *анкердин* жардамында колдоого алынып турат. Өчпөөчү электрдик термелүүлөрдү алуу үчүн көбүнчө электрондук лампаларга уланган автотермелүүчү схемаларды колдонушат (*лампалык генераторлор*).

Эми биз электрдик термелүүлөрдү чынжырга кошулган генератор пайда кылган учурду карайлы. Генератордун өзгөрүлмө ЭККнүн аракети астында контурларда пайда болуучу термелүүлөрдү *аргасыз электрдик термелүүлөр* деп аташат. Мындай электрдик термелүүлөр сырткы мезгилдүү күчтүн аракети менен пайда болуучу механикалык термелүүлөргө окшош болушат. Биз техникада жана күндөлүк турмушубузда кеңири колдонуп жаткан өзгөрүлмө ток да ушундай аргасыз термелүүнүн мисалы болот, анткени ал электростанциялардын генераторлорунун ЭККнүн аракети астында пайда болот. Бардык кабылдоочу радиотехникалык түзүлүштөрдө да биз аргасыз электрдик термелүүлөрдү пайдаланабыз.

Мындан аркы талкуулоолорубузда сыйымдуулуктары жана индуктивдүүлүктөрү топтоштурулган чынжырлар менен гана чектелебиз жана өзгөрүлмө токтун дээрлик стационардуу деп эсептейбиз. Башкача айтканда, электрдик чоңдуктардын калыптанган маанисине жетүүгө кеткен убакыт  $\tau$  термелүүнүн мезгилине  $T$  салыштырганда кыйла аз деп эсептейбиз, ошондуктан бардык электрдик чоңдуктардын заматтык (көз ирмемдеги) маанилерине турактуу токтун закондорун колдонобуз.

Өз ара удаалаш туташтырылган сыйымдуулуктан ( $C$ ), индуктивдүүлүктөн ( $L$ ) турган жана  $R$  активдүү каршылыгына ээ болгон чынжырда

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t \quad (10.3)$$

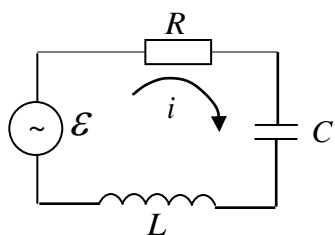
закону боюнча өзгөрүүчү өзгөрүлмө ЭКК аракет кылган учурду карайлы (10.3-сүрөт). Бул учурда чынжырдан

$$i = I_0 \sin(\omega t - \varphi) \quad (10.4)$$

өзгөрүлмө тогу өтөт, мында

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{Z}. \quad (10.5)$$

Чынжырдын толук каршылыгы



10.3-сүрөт. Аргасыз электрдик термелүүлөрдү алуунун схемасы



$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (10.6)$$

анын активдүү ( $R$ ) жана реактивдүү ( $y = \omega L - \frac{1}{\omega C}$ ) каршылыктарынан түзүлөт. Чынжырдын реактивдүү каршылыгы контурдун ( $L, C$ ) параметрлеринен гана көз каранды болбостон, аргасыздандыруучу ЭККнын жыштыгынан ( $\omega$ ) да көз каранды.

Ток менен чыналуунун термелүүлөрүнүн ортосундагы фазалык бурчтун тангенци

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{y}{R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}, \quad (10.7)$$

мындан фазалык жылышуу бурчу

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}. \quad (10.8)$$

Аргасыздандыруучу ЭККнын жыштыгын ( $\omega$ ) өзгөртүп көрөлү. (10.5), (10.6) жана (10.7) - формулаларга ылайык, бул учурда токтун амплитудасы ( $I_0$ ) жана фазалык жылышуу бурчу ( $\varphi$ ) кошо өзгөрөт.

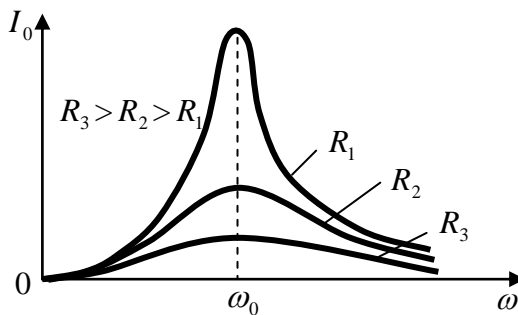
Алгач токтун амплитудасынын өзгөрүшүн карайлы. Эгерде  $\omega = 0$  болсо, анда  $\frac{1}{\omega C} = \infty$ . Бул учурда толук каршылык  $Z \Rightarrow \infty$ , демек  $I_0 = 0$ .  $\omega = 0$  учуру турактуу токко туура келет, турактуу ток конденсатор аркылуу өтпөсүн эске алсак жогорудагы жагдайды жөн эле түшүнөбүз.

Аргасыздандыруучу ЭККнын жыштыгынын чоңоюшу менен чынжырдын реактивдүү каршылыгынын квадраты  $\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2$  алгач азайат. Ошондуктан чынжырдын толук каршылыгы  $Z$  да азайып, ал аркылуу өтүүчү токтун амплитудасы  $I_0$  өсөт.

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \quad (10.9)$$

шартынан аныкталуучу  $\omega = \omega_0$  жыштыгында реактивдүү каршылык нөлгө айланат ( $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ ), ал эми чынжырдын толук каршылыгы эн кичине, активдүү каршылыкка тең болгон маанисине жетет:  $Z_{\min} = R$ .

Бул учурда ток күчү өзүнүн эң чоң маанисине жетет. Аргасыздандыруучу жыштык  $\omega_0$  дон ашканда ( $\omega > \omega_0$ ) реактивдүү каршылыктын квадраты  $(\omega L - \frac{1}{\omega C})^2$  өсө баштайт. Мунун натыйжасында чынжырдын толук каршылыгы көбөйөт, ал эми токтун амплитудасы  $I_0$  азайып,  $\omega$  нын андан ары чоңоюшу менен ал асимптоталык түрдө нөлгө жакындайт. (10.5) жана (10.6) – формулалар аркылуу туюнтулуучу  $I_0$  дун  $\omega$  дан көз карандылыгынын графиги 10.4-сүрөттө көрсөтүлгөн. Сүрөттөн  $R$  каршылыгы канчалык аз (б.а. өчүүнүн декременти  $\delta$  канчалык аз) болсо,  $I_0$  ошончолук чоң жана ийрилердин максимуму учтуураак болорун көрөбүз.



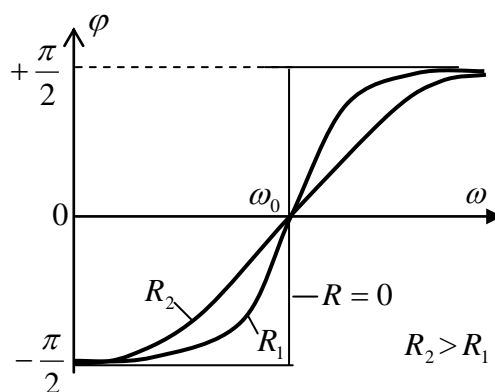
10.4-сүрөт. Резонанстык ийрилер

Эми ток менен ЭККнын ортосундагы фазалардын айырмасына көңүл буралы. (10.7)–формуладан өтө төмөнкү жыштыктарда ( $\omega L \ll \frac{1}{\omega C}$  кезинде)  $tg \varphi$  өтө чоң терс маанилерге жетерин көрөбүз, демек,  $\varphi \cong -\frac{\pi}{2}$ . Бул учурда ток чыңалуудан алдыда өзгөрөт жана чынжыр сыйымдуу мүнөзгө ээ. Аргасыздандыруучу ЭККнын жыштыгынын өсүшү менен терс реактивдүү каршылыктын  $(\omega L - \frac{1}{\omega C})$  модулу, аны менен кошо фазалардын айырмасы  $\varphi$  да азаят.  $\omega = \omega_0$  болгон кезде (10.7)–формуладан  $tg \varphi = 0$ , демек,  $\varphi = 0$ . Жыштык  $\omega$  андан ары жогорулаганда реактивдүү каршылык  $(\omega L - \frac{1}{\omega C}) > 0$  да өсө баштайт. Ошондуктан бул учурда  $0 < tg \varphi < +\infty$  жана  $0 < \varphi < +\frac{\pi}{2}$ . Демек,  $\omega > \omega_0$  кезинде ток чыңалуудан артта жүрөт жана чынжыр индуктивдүү мүнөзгө ээ болот, жыштыктын жогорулашы менен  $\varphi \rightarrow +\frac{\pi}{2}$  ге умтулат.

Фазалардын айырмасынын ( $\varphi$ ) термелүүлөрдүн жыштыгынан көз карандылыгы 10.5-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Жыйынтыктап айтканда, өзгөчө кызыкчылыкты

генератордун ЭККсынын берилген сырткы



10.5-сүрөт. Ток менен чыңалуунун термелүүлөрдүн фазаларынын айырмасынын аргасыздандыруучу ЭККнын жыштыгына жараша өзгөрүшү.

чыңалуунун) жыштыгы  $\omega_0$  го барабар болгон учур түзөт. Бул учурда чынжырдагы токтуң амплитудасы максималдык маанисине жетет, ал эми ток менен чыңалуунун фазаларынын айырмасы нөлгө барабар же башкача айтканда, контур таза активдүү каршылык сыяктуу аракет кылат. Аргасыз термелүүлөрдүн бул маанилүү учуру чыңалуулардын резонансы деп аталат. Резонанс байкалган  $\omega_0$  жыштыгы контурдун

өздүк термелүүлөрүнүн жыштыгына ( $\sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}$ , мында  $\alpha = \frac{R}{2L}$  - өчүү коэффициенти) тең эмес. Бирок көпчүлүк практикалык учурларда  $\alpha^2 \ll \omega_0^2$  жана ошондуктан жакындаштырып бул айырмачылыкты эсепке албай эле коюуга болот.

Жогоруда биз контурдун параметрлери турактуу сакталып, ЭККнын жыштыгы гана өзгөргөн учурду талкууладык. Бирок, ошол эле резонанс кубулушун аргасыздандыруучу ЭККнын жыштыгын турактуу сактоо менен контурдун индуктивдүүлүгүн же сыйымдуулугун өзгөртүү аркылуу да байкоого болорун белгилей кетели.

Резонанс учурунда конденсатордогу жана индуктивдүүлүктөгү чыңалуулар өтө чоң бирдей амплитудаларга ээ болушат. Бирок алардын бири ( $U_c$ ) токтуң термелүүлөрүнөн  $\frac{\pi}{2}$  ге кечигет, ал эми экинчиси ( $U_L$ ) -  $\frac{\pi}{2}$  ге озот, алардын ортосундагы фазалар айырмасы  $\pi$ .

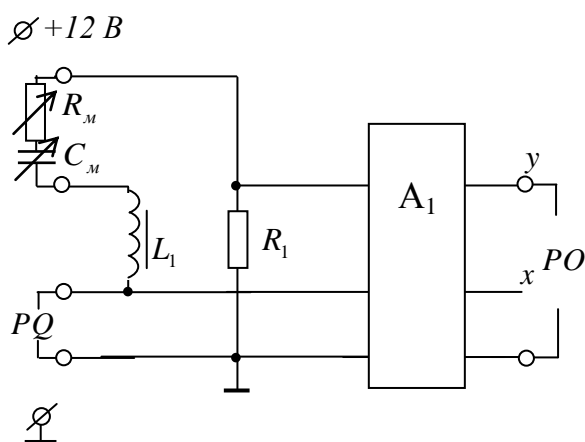
Ошондуктан алардын суммасы нөлгө тең жана чынжырда активдүү каршылыктагы чыңалуунун термелүүлөрү гана калат.

Чыңалуулардын резонансын радиотехникада белгилүү бир жыштыктагы чыңалууларды күчөтүү керек болгон учурларда, мисалы, радиокабылдагычтарда керектүү толкун узундугундагы радиосигналдарды бөлүп кабыл алуу үчүн, кеңири колдонушат.

## **Ишти аткаруунун усулу**

Бул лабораториялык иште аргасыз электрдик термелүүлөрдү окуп үйрөнүү ФПЭ-11/10 кассетасынын жардамында аткарылат(10.6-сүрөт).

Контурдун индуктивдүүлүгү турактуу ( $L = L_1 = 100 \text{ мГн} = \text{const}$ ), ал эми сыйымдуулукту жана активдүү каршылыкты ФПЭ-11/10 кассетасына туташтырылуучу сыйымдуулуктун жана каршылыктын магазиндеринин жардамында кеңири диапазондо өзгөртө алабыз. Термелүү контурунун өзүнө  $R_1$  турактуу каршылыгы (Т10-таблицаны кара) кошулган. Аргасыздандыруучу өзгөрүлмө ЭКК үндүк жыштыктагы сигналдардын генераторунан (ГЗ-123) алынат.

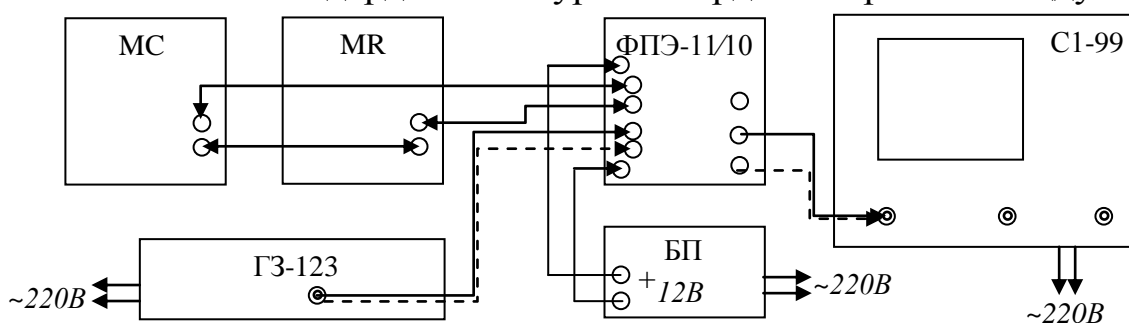


10.6-сүрөт. ФПЭ-11/10 кассетасынын электрдик схемасы.

Үн генераторунан алынуучу өзгөрүлмө ЭККнын жана контур аркылуу өтүп жаткан токту термелүүлөрү ФПЭ-11/10 кассетасынын ичине кошумча жайгаштырылган жогорку жыштыктуу коммутатордун ( $A_1$ ) жардамында кезектешип осциллографка берилет. Натыйжада осциллографтын экранында бир убакта эки термелүүнү чогуу байкоого болот. Коммутатор панелдин сол тарабындагы эң жогорку жана төмөнкү (четки) клеммалар аркылуу турактуу 12В тук чыңалуу менен азыктандырылат.

## **Ишти аткаруунун тартиби**

1. Иште колдонулуучу куралдар, алардын беттик панелиндеги электрдик схемалар, жөнгө салуучу бурагычтардын, баскычтардын жана контакттардын кызматы, диапазону ж.б. менен таанышып чыккыла.
2. 10.7-сүрөттө көрсөтүлгөн схема боюнча электр чынжырын жыйнагыла. Магазиндерден контурга алардагы орточо чоңдуктагы



10.7-сүрөт. Эксперименталдык курулманын блок-схемасы.

сыйымдуулукту жана каршылыкты кошкула. ГЗ-123 генераторунан жыштыгы  $\nu = 500 \div 600 \text{ Гц}$  аралыгындагы сигналды тандагыла.

3. Приборлорду ток булагына кошуп иштетип, кызыккыла да, осциллографтын экранында  $\mathcal{E}(t)$  жана  $i(t)$  термелүүлөрүнүн даана сүрөттөлүштөрүн алгыла. Амплитудасы чоң ийри  $\mathcal{E}(t)$  га, ал эми башкасы -  $R_1$  каршылыгы аркылуу өтүүчү токко  $-i(t)$  га тиешелүү.

4. Экрандагы  $\mathcal{E}(t)$  жана  $i(t)$  көз карандылыктарынын графиктерин дептериңерге сызып алгыла. Чиймени пайдаланып  $\varphi_{\mathcal{E}}$  ни аныктагыла.  $\varphi_{\mathcal{E}}$  нин чоңдугу жана белгиси боюнча чынжырдын мүнөзү жөнүндө тыянак жасагыла.

5.  $R$ ,  $C$  жана  $\nu$  нун маанилерин өзгөртүп, жогорудагы тажрыйбаны кайталагыла.

6. Термелүү контурунун параметрлеринин тажрыйбалык маанилерин ( $R_m, R, L$  жана  $C$ ) жана аргасыздандыруучу ЭККнын жыштыгын ( $\omega$ ) пайдаланып, (10.8)–формуланын жардамында  $\varphi_T$  нын маанисин эсептегиле. Аны  $\varphi_{\mathcal{E}}$  менен салыштыргыла. Өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн натыйжаларын 10.1-таблицага түшүргүлө.

*Аргасыз электрдик термелүүлөрдүн мүнөздөмөлөрүнүн өз ара байланышы (  $R = R_1 + R_m$ ,  $L = L_1$ ,  $C = C_m$  )*

10.1-таблица

	$R_1$	$R_m$	$R$	$C$	$\nu$	$\omega$	$\varphi_{\mathcal{E}}$	$tg \varphi_T$	$\varphi_T$
<i>бирдиги</i>									
1									
2									
3									

7.  $\omega = const$ ,  $L = const$ ,  $C = const$  кезинде  $\varphi(R)$  жана  $\omega = const$ ,  $L = const$ ,  $R = const$  кезинде  $\varphi(C)$  көз карандылыктарын изилдегиле. Алынган маалыматтарды 10.2- жана 10.3-таблицааларга түшүрүп анализдегиле, тиешелүү тыянактарды жасагыла.

*Аргасыз термелүүлөрдүн фазалык жылышуусунун чынжырдын каршылыгынан (10.2-таблица:  $\omega = \underline{\hspace{1cm}}$ ,  $L = \underline{\hspace{1cm}}$ ,  $C = \underline{\hspace{1cm}}$ .) жана сыйымдуулугунан (10.3-таблица:  $\omega = \underline{\hspace{1cm}}$ ,  $L = \underline{\hspace{1cm}}$ ,  $R = \underline{\hspace{1cm}}$ .) көз карандылыгы*

10.2-таблица

	$R_m,$ Ом	$R,$ Ом	$\varphi_{\Sigma}$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

10.3-таблица

	$C,$ $\Phi$	$\varphi_{\Sigma}$
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

8.  $L$  жана  $C$  нын тандалып алынган маанилери үчүн (10.9)-формуласын пайдаланып термелүү контурунун резонанстык ( $\omega_0$ ) жыштыгын эсептегиле.

9.  $L = const, C = const, R = const$  кезинде  $I_0(\omega)$  көз карандылыгын изилдегиле жана алынган маалыматтарды 10.4-таблицага түшүргүлө.

*Аргасыз термелүү контурундагы резонанс кубулушун изилдөө*  
( $L=$  ,  $C=$  ,  $R=$  )

10.4-таблица

	$\nu$	$\omega$	$I_0$	$\omega_{0Э}$	$\omega_{0Г}$
<i>бирдиги</i>					
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

8. Таблицаны пайдаланып  $I_0(\omega)$  - көз карандылыгынын графигин тургузгула жана андан резонанстык жыштыкты ( $\omega_{0Э}$ ) аныктагыла. Аны өздүк жыштыктын эсептелген  $\omega_{0Г}$  (10.9-формула) мааниси менен салыштыргыла жана тиешелүү тыянак жасагыла.

### ***Билимди текшерүү үчүн суроолор***

1. Аргасыз электрдик термелүүлөрдү алуунун заманбап жолдорун түшүндүргүлө.
2. Термелүү контурундагы резонанс кубулушунун колдонулушуна мисал келтиргиле.
3. Кандай учурларда чынжырдагы ток күчү менен чыңалуунун термелүүлөрүнүн фазаларынын ортосунда жылышуу оң белгиде, терс белгиде же жок болот?
4. Аргасыз электрдик термелүүлөр кандай максаттарда колдонулат?

## ТИРКЕМЕЛЕР

### Т1. Негизги физикалык турактуулар

Чондук	Белги- лениши	Сандык мааниси
Больцман турактуусу	$k$	$1,38066 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Жарыктын вакуумдагы ылдамдыгы	$c$	$2,99792458 \cdot 10^8$ м/с
Планк турактуусу	$h$	$6,6261 \cdot 10^{-34}$ Дж с
Авогадро турактуусу	$N_A$	$6,0220943 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Гравитациялык турактуулук	$\gamma$	$6,6720 \cdot 10^{-11}$ Н·м <sup>2</sup> /кг <sup>2</sup>
Фарадей турактуусу (саны)	$F$	$9,648456 \cdot 10^4$ Кл/моль
Электрондун заряды	$e$	$1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл
Электрондун тынч абалдагы массасы	$m_e$	$0,9109534 \cdot 10^{-30}$ кг
Электрондун салыштырма заряды	$e/m_e$	$1,758804 \cdot 10^{11}$ Кл/кг
Электрдик турактуулук	$\epsilon_0$	$8,85418782 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магниттик турактуулук	$\mu_0$	$1,25663706144 \cdot 10^{-6}$ Гн/м
Электрондун радиусу	$r_e$	$2,8179380 \cdot 10^{-15}$ м
Бордун магнетону	$\mu_B$	$9,274078 \cdot 10^{-24}$ А·м <sup>2</sup>
Электрондун магниттик моменти	$\mu_e$	$9,284832 \cdot 10^{-24}$ А·м <sup>2</sup>
Электрон-вольт	эВ	$1,60202 \cdot 10^{-19}$ Дж

### Т2. Электротехникада колдонулуучу металлдардын салыштырма электрдик каршылыгы

Салыштырма электрдик каршылык  $\rho$  металлдагы кошулмалардан көз каранды, ошондуктан таблицада электротехникада колдонулуучу негизги металлдардын  $\rho$  сунун ( $t = 20^0$  кезиндеги) орточолоштурулган маанилери берилди.

Металл	$\rho$ , мкОм·м	Металл	$\rho$ , мкОм·м
Алюминий.....	0,028	Калай.....	0,12
Висмут( $t=0^0$ С).....	1,065	Платина.....	0,105
Вольфрам.....	0,055	Рений.....	0,21
Темир.....	0,098	Сымап.....	0,958
Алтын.....	0,024	Коргошун.....	0,205
Индий.....	0,09	Күмүш.....	0,016
Кадмий.....	0,076	Тантал.....	0,135
Кобальт.....	0,062	Титан.....	0,42
Жез.....	0,0172	Хром.....	0,14
Молибден.....	0,057	Цинк.....	0,059
Никель.....	0,973	Цирконий.....	0,41
Ниобий.....	0,18		

**Т3. Кээ бир металлдардын, куймалардын жана материалдардын салыштырма электрдик каршылыгы  $\rho$**

Зат	$\rho, \text{мкОм} \cdot \text{м}$	Зат	$\rho, \text{мкОм} \cdot \text{м}$
Альсифер.....	0,81	Натрий.....	0,049
Реактор графити.....	8-20	Нейзильбер МНЦ-15-20..	0,30-0,45
Табигый графит ( $t=0^{\circ}\text{C}$ ).....	3,5-63,0	Никелин.....	0,39-0,45
Дуралюмин.....	0,033	Нихром Х20Н80.....	1,0-1,1
Инвар.....	0,81	Осмий.....	0,095
Иридий.....	0,053	Платинит.....	0,45
Калий.....	0,071	Платиноиридий	
Константан МНМц-40-1,5..	0,48-0,52	куймасы ( $t=0^{\circ}\text{C}$ ).....	0,25
Латунь Л-68.....	0,071	Вуддун куймасы.....	0,52
Магний.....	0,045	Болот (0,10-0,15% С).....	0,10-0,14
Манганин МНМц-3-12.....	0,42-0,48	Уран ( $t=25^{\circ}\text{C}$ ).....	0,30
Марганец.....	1,5-2,6	Фехраль Х13Ю4.....	1,2-1,3
		Хромаль Х25Ю5.....	1,3-1,5
		Чоюн.....	0,52-0,80

**Т4. Суюк диэлектриктердин салыштырма электрдик каршылыгы  $\rho$  ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ )**

Диэлектрик	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$	Диэлектрик	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$
Аммиак ( $t = -79^{\circ}\text{C}$ ).....	$7,7 \cdot 10^4$	Кастор майы.....	$10^8 - 10^{10}$
Анилин ( $t = -25^{\circ}\text{C}$ ).....	$4,2 \cdot 10^5$	Керосин (чырактык).....	$4,6 \cdot 10^{10}$
Ацетон.....	$8,3 \cdot 10^4$	Суюк нафталин	
Бензол.....	$10^{11} - 10^{12}$	( $t = 82^{\circ}\text{C}$ ).....	$2,5 \cdot 10^7$
Авиабензин (Б - 70).....	$4,6 \cdot 10^{11}$	Күкүрт кислотасы.....	10
Автобензин (А - 66),		Совол.....	$10^8 - 10^{10}$
ТС - 1 отуну.....	$1,7 \cdot 10^{11}$	Метил спирти.....	$2,3 \cdot 10^4$
Дистирленген суу.....	$10^3 - 10^4$	Этил спирти.....	$1,5 \cdot 10^5$
Дарыя суусу.....	10-100	Толуол.....	$10^{10} - 10^{12}$
Вакуумда буулантылган		Трансформатор	
өтө таза суу.....	$2,05 \cdot 10^5$	майы.....	$10^{10}$
Глицерин.....	$1,6 \cdot 10^5$	Суюк хлор ( $t = -70^{\circ}\text{C}$ )..	$10^{13} > 10^{14}$
Дизелдик күйүүчү (суюк)		Этил эфири ( $t = 25^{\circ}\text{C}$ )..	$2,5 \cdot 10^{10}$
отуну.....	$1,8 \cdot 10^{10} \div 3,1 \cdot 10^{10}$		

**Т5. Өтө тазаланган суунун салыштырма электр өткөрүмдүүлүгү**

$t, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, 10^{-6} \text{См/м}$	$t, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, 10^{-6} \text{См/м}$	$t, ^{\circ}\text{C}$	$\sigma, 10^{-6} \text{См/м}$
0	1,58	25	6,33	35	10,02
10	2,85	30	8,15	50	18,90
20	4,85				



**Т6. Катуу диэлектриктердин салыштырма электрдик каршылыгы  $\rho$  ( $t = 20^0 C$ )**

Диэлектрик	$\rho, Ом \cdot м$	Диэлектрик	$\rho, Ом \cdot м$
Алмаз.....	$10^{10}-10^{11}$	Полиэтилен.....	$10^{13}-10^{15}$
Кургак кайың.....	$10^8$	Электроизоляциялоочу	
Кагаз.....	$10^{10}$	резина.....	$\approx 10^{13}$
Бал аары мому.....	$2 \cdot 10^{13}$	Слюда.....	$10^{11}-10^{15}$
Гетинакс.....	$10^9-10^{12}$	Айнек.....	$10^9-10^{13}$
Кургак эмен.....	$10^{10}$	Текстолит.....	$10^8$
Канифоль.....	$10^{12}-10^{13}$	Фарфор.....	$10^{10}-10^{13}$
Капрон.....	$10^8-10^9$	Фибра.....	$10^8$
Лавсан.....	$10^{14}-10^{16}$	Фторопласт-4.....	$10^{16}-10^{17}$
Мрамор.....	$10^5-10^6$	Церазин.....	$10^{13}-10^{15}$
Органикалык айнек..	$10^{11}-10^{13}$	Шифер.....	$4 \cdot 10^5$
Парафин.....	$10^{14}$	Эбонит.....	$10^{12}-10^{14}$
Полистрол.....	$10^{13}-10^{15}$	Эпоксид чайыры.....	$10^{12}-10^{13}$
Полихлорвинил.....	$10^{10}-10^{12}$	Янтарь.....	$10^{15}-10^{17}$

**Т7. Металлдардын жана куймалардын салыштырма электрдик каршылыгынын температуралык коэффициенттери**

Таблицада кээ бир металлдардын жана куймалардын салыштырма электрдик каршылыктын температуралык коэффициентинин  $\alpha_\rho$  температуранын  $0^0C$  ден  $100^0C$ ге чейинки интервалындагы орточо мааниси берилген

Металл же куйма	$\alpha_\rho, ^0C^{-1}$	Металл же куйма	$\alpha_\rho, ^0C^{-1}$
Алюминий.....	0,0042	Калай.....	0,0044
Висмут.....	0,0046	Осмий.....	0,0042
Вольфрам.....	0,0048	Платина.....	0,0039
Темир.....	0,0060	Платинит ( $t=0^0C$ ).....	0,003
Алтын.....	0,0040	Платиноиридий куймасы.....	0,0013
Индий.....	0,0047	Сымап.....	0,0010
Кадмий.....	0,0042	Коргошун.....	0,0037
Кобальт.....	0,0060	Күмүш.....	0,0040
Константан.....	-0,00005	Вуддун куймасы.....	0,0037
Магний.....	0,0039	Болот (0,10-0,15% C).....	0,006
Манганин.....	0,00001	Тантал.....	0,0038
Марганец.....	0,0002-	Титан.....	0,0044
	0,0003	Фехраль.....	0,00010-
Жез.....	0,0043		0,00012
Молибден.....	0,0043	Хром.....	0,0059
Натрий.....	0,0055	Хромаль.....	0,000065
Нейзильбер.....	0,0003	Цинк.....	0,0042
Никелин.....	0,0001	Цирконий.....	0,0045
Никель.....	0,0065	Чоюн.....	0,0010
Ниобий.....	0,003		
Нихром.....	0,0001		

## Т8. Түрдүү заттардын диэлектрдик өтүмдүүлүгү

Таблицада турактуу электр талаасында суюктуктардын жана катуу заттардын (20<sup>0</sup>С) жана нормалдуу атмосфералык басымдагы газдардын (0<sup>0</sup>С) диэлектрдик өтүмдүүлүгүнүн маанилери берилген.

Заттар	ε	Заттар	ε
<b>Газдар, буулар</b>		<b>Катуу заттар</b>	
Азот.....	1,000580	Кайың (10% ным).....	3,1
Аргон.....	1,000545	Алмаз.....	5,7
Ацетон (t=100 <sup>0</sup> С кезинде).....	1,0159	Бакелит.....	3 ÷ 5
Суутек.....	1,000264	Кагаз.....	2,0 ÷ 2,5
Суу буусу (t=110 <sup>0</sup> С учурунда).....	1,0126	Конденсатор кагазы.....	3,4 ÷ 3,7
Аба.....	1,000590	Винипласт.....	3,2 ÷ 4,0
Гелий.....	1,000068	Аары мому.....	2,5 ÷ 3,0
Кычкылтек.....	1,000532	Гетинакс.....	5,0 ÷ 8,0
Криптон.....	1,000768	Жыгач сөңгөгү.....	2,2 ÷ 3,7
Ксенон (t=25 <sup>0</sup> С кезинде)	1,001238	Таш тузу.....	6
Метан (t=25 <sup>0</sup> С).....	1,000804	Капрон.....	3,6 ÷ 5,0
Неон.....	1,000127	Эритилген кварц.....	3,5 ÷ 4,1
Озон.....	1,00190	Лавсан.....	3,0 ÷ 3,5
Метил спирти (буусу, t=100 <sup>0</sup> С).....	1,0057	Муз (t=-50 <sup>0</sup> С).....	3,8
Этил спирти (буусу, t=100 <sup>0</sup> С).....	1,0061	Муз (t=-10 <sup>0</sup> С).....	69,4
Көмүртек оксиди (IV)	1,0029	Мрамор.....	8 ÷ 10
Көмүртек оксиди (II) (t=25 <sup>0</sup> С).....	1,00634	Органикалык айнек.....	3,5 ÷ 3,9
Этилен (t=25 <sup>0</sup> С).....	1,001328	Парафин.....	1,9 ÷ 2,2
<b>Суюктуктар</b>		Полистирол.....	2,4 ÷ 2,6
Азот (t=-198,4 <sup>0</sup> С).....	1,445	Полихлорвинил.....	3,2 ÷ 4,0
Аммиак (t=-50 <sup>0</sup> С).....	22,7	Полиэтилен.....	2,2 ÷ 2,4
Аргон (t=-184,4 <sup>0</sup> С).....	1,516	Электрдик изоляциялоочу резина.....	3,0 ÷ 6,0
Ацетон (t=25 <sup>0</sup> С).....	20,74	Слюда.....	5,7 ÷ 7,2
Бензин.....	1,9 ÷ 2,0	Эпоксид чайыры.....	3,8 ÷ 4,6
Вазелин.....	2,2	ВаО жана TiO <sub>2</sub> ни камтыган атайын керамикалык масса.....	1000 ÷ 10000
Суу (t=0 <sup>0</sup> С).....	88	Кварц айнеги.....	3,2 ÷ 3,5
Суу.....	81	Кадимки айнек.....	6,0 ÷ 10,0
Суутек (t=-252,85 <sup>0</sup> С).....	1,225	Сургуч.....	3,0
Гелий (t=-269,0 <sup>0</sup> С).....	1,048	Текстолит.....	6,0 ÷ 8,0
Глицерин.....	43	Барий титанаты.....	1200
Керосин.....	2,1	Фарфор.....	4,4 ÷ 6,8
Кастор майы.....	4,0 ÷ 4,5	Фибра.....	2,5 ÷ 8,0
Трансформатор майы	2,1 ÷ 2,4	Фторопласт-4.....	1,9 ÷ 2,2
Скипидар.....	2,2 ÷ 2,3	Целлулоид.....	4,1
Совол.....	5,0	Шеллак.....	3,1 ÷ 3,7
Метил спирти.....	33,1	Шифер.....	6,0 ÷ 10,0
Этил спирти (t=25 <sup>0</sup> С)	25,2	Эбонит.....	2,7 ÷ 3,5
Толуол.....	2,3	Электрдик картон.....	2,5 ÷ 4,0
Этил эфири.....	4,4	Эскапон.....	2,8 ÷ 3,0
		Янтарь.....	2,7 ÷ 2,9

### **T9. Электрондун заттардан чыгуу жумушу**

Зат	Чыгуу жумушу, эВ	Зат	Чыгуу жумушу, эВ	Зат	Чыгуу жумушу, эВ
Алюминий...	4,25	Магний .....	3,64	Көмүртек.....	4,7
Барий.....	2,49	Жез .....	4,40	Уран.....	3,3
Бериллий .....	3,92	Молибден..	4,3	Цезий.....	1,81
Бор.....	4,5	Натрий.....	2,35	Цинк.....	4,24
Ванадий.....	4,58	Никель.....	4,50	Цирконий.....	3,9
Висмут.....	4,4	Ниобий.....	3,99	Коргошун	
Вольфрам....	4,54	Калай.....	4,38	сульфиди.....	3,55
Германий....	4,76	Осмий.....	4,7	Күмүш	
Темир.....	4,31	Платина....	5,32	бромиди.....	3,9
Алтын.....	4,30	Сымап.....	4,52	Тантал карбиди	3,0-4,4
Индий.....	3,8	Рубидий.....	2,16	Цирконий	
Иридий.....	4,7	Коргошун...	4,0	карбиди.....	2,1-4,0
Кадмий.....	3,8	Селен.....	4,72	Торий оксиди	
Калий.....	2,22	Күмүш.....	4,3	(IV).....	3,2
Кальций.....	2,80	Сурьма.....	4,8	Суу.....	6,1
Кобальт.....	4,41	Таллий.....	3,7	Күмүш хлориди	4,6
Кремний.....	4,8	Тантал.....	4,12	Барий оксиди (II)..	1,0-1,6
Литий.....	2,38	Торий.....	3,30	Жез оксиди(II).....	4,35-5,34
$1\text{эВ}=1,6021\cdot 10^{-19}$ Дж				Кальций оксиди(II)	1,8-2,4
				Натрий хлориди...	4,2

### **T10. № 8, 9 жана 10- лабораториялык иштерде колдонулуучу кассеталардагы электр чынжырларынын элементтеринин параметрлери**

Кассеталардын		$R_1$	$R_2$	$L_1$	$C_1$
моделди	№	Ом	Ом	мГн	мкФ
ФПЭ-09УПИ	1	210	52	100	0,05
	2	300	51	100	0,05
	3	200 (209)	(117)	100	0,05
	4-10	200	51	100	0,05
ФПЭ-10У11	1	1600 (1625)	-	100	0,1
	2	1600 (1500)	-	100	0,1
ФПЭ-11У10	1	180 (170)	-	100	-
	2	172 (170)	-	100	-

Эскертүү: Таблицада тиешелүү чоңдуктардын эсептелген номиналдык жана айрым учурларда өлчөнгөн (кашаанын ичиндеги) маанилери берилди. Эгерде оңдоп-түзөтүү учурунда схемадагы айрым элементтер алмаштырылса, алардын чоңдуктары таблицанда келтирилген маанилеринен айырмаланып өзгөрүшү мүмкүн экендигин эске алуу зарыл.

## ***Т11. Башка лабораториялык иштердин тизмеси***

Жалпы физика курсунун “Электромагнетизм” бөлүмү боюнча ушул колдонмодо келтирилген 10 лабораториялык иштен сырткары ОшМУнун окуу лабораториясынын шартында дагы бир катар лабораториялык иштерди коюп, аткарууга болот. Төмөндө кыргыз тилиндеги баяндамалары И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин “Жалпы физика” кафедрасында [21] даярдалган 5 иштин жана ОшМУнун “Жалпы физика жана ФОУ” кафедрасында [8] даярдалган 8 виртуалдык иштин тизмесин келтиребиз. Аларды убакыттын жетишине жана адистиктин өзгөчөлүгүнө жараша тандап аткарууга же өз алдынча иш катары сунуштоого болот.

*1. Электромагнетизм // Түз.: Р.М.Султаналиева, Б.Б.Бекташов, Н.А.Тургунбаев.-Б.:КТУ, "Техник"ББ, 2006. -31 б.*

- Жубердин ыкмасы менен түрмөктүн индуктивдүүлүгүн аныктоо.
- Чектүү узундуктагы соленоиддин огу боюнча магниттик талаанын бөлүштүрүлүшүн окуп үйрөнүү.
- Магнетрон ыкмасы менен электрондун салыштырма зарядын аныктоо.
- Ферромагниттик материалдардын гистерезисин окуп үйрөнүү.
- Өз ара индукция кубулушун изилдөө.

*2. Физикалык практикум. Компьютердик моделдердин жардамында аткарылуучу лабораториялык иштер // Түз.:Ж.Эгембердиев, М.Калбекова.-Ош,ОшМУ, "Билим" редакциялык-басма бөлүмү, 2009.-125 б.*

- Чекиттик заряддардын өз ара аракеттенишүүлөрү.
- Турактуу токтуун чынжырлары.
- Жарыш токтордун өз ара аракеттенишүүсү.
- Электр зарядынын магнит талаасындагы кыймылы.
- Электромагниттик индукция.
- Масс-спектрометр.
- Турактуу токтуун чынжырларындагы конденсаторлор.
- RLC-контурдагы эркин термелүүлөр.

## ***T12. Физика курсунун электромагнетизм бөлүмүнө тиешелүү видеофильмдер***

- 1. Электростатическое поле (35 мин):** Принцип суперпозиции электростатическое полей (6), Электростатическое поле двух зарядов (4), Однородное электростатическое поле (3), Проводники в электростатическом поле (5), Электростатическое поле заряженного шара (7), Диэлектрики в электростатическом поле (9)
- 2. Энергия электростатического поля (37 мин):** Работа потенциального поля (4), Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле (4), Потенциал электростатического поля (5), Разность потенциалов (4), Эквипотенциальные поверхности (5), Емкость уединенного проводника (3), Емкость конденсатора (7), Энергия электростатического поля (5).
- 3. Электрический ток (37 мин):** Электрический ток (8), Электрический ток в веществе (4), Закон Ома для участка цепи (6), Сопротивление (2), Соединение проводников (8), Работа электрического тока (5), Мощность электрического тока (4).
- 4. Электрический ток в металлах и жидкостях (42 мин):** Электрический ток в металлах (14), Зависимость сопротивления металлов от температуры (5), Электрический ток в жидкостях (10), Электролиз (7), Закон Фарадея (4), Постоянная Фарадея (2).
- 5. Электрический ток в полупроводниках (35 мин):** Электропроводность полупроводников (8), Примесная проводимость полупроводников (4), p-n-переход (4), Полупроводниковый диод (8), Диод в цепи переменного тока (2), Транзистор (9).
- 6. Электрические явления (61 мин):** Электрическое поле (6), Электрический ток (1), Тепловое, магнитное, химическое действие тока (8), Сила тока (4), Электрическое напряжение (3), Электрическое сопротивление (5), Закон Ома (8), Последовательное и параллельное соединение проводников (5), Работа и мощность тока (7), Короткое замыкание (3).
- 7. Электромагнитная индукция (36 мин):** Правило буравчика (8), Магнитная индукция (5), Однородное магнитное поле (3), Правило левой руки (3), Модуль вектора магнитной индукции (4), Поток магнитной индукции (3), Электромагнитная индукция (10).
- 8. Магнетизм -1 (40 мин):** Магнитное поле (11), Постоянные магниты (6), Магнитное поле прямого тока (10), Магнитное поле витка с током (2), Магнитное поле катушки с током (11).
- 9. Магнетизм -2 (32 мин):** Магнитные линии постоянных магнитов (9), Магнитное поле земли (9), Электрический двигатель (14).

### ***T13. Колдонмодо кездешкен айрым терминдердин түшүндүрмө сөздүгү***

**Эскертүү:** Сөздүктө келтирилген терминдердин, сөздөрдүн көпчүлүгү, алар колдонулган жагдайларга жараша, түрдүүчө маанилерди туюнтушу мүмкүн. Биз бул жерде алардын электрдик жана магниттик кубулуштарды түшүндүрүүдөгү маанилерине гана токтолобуз.

---

**Автоматический** – автоматтык, өзүнөн-өзү, адамдын кийгилишүүсүз, өз алдынча, ички күчтөрдүн аракетин менен.

---

**Активация** – активдештирүү, түрткү берүү, кошуу

---

**Амперметр** – электр тогунун күчүн өлчөөчү прибор.

---

**Анион** – (жогору көтөрүлүүчү) оң зарядга ээ болгон бөлүкчө.

---

**Анкер** – механикалык маятниктүү сааттардын жүрүшүн башкаруучу тетиктердин бири.

---

**Анод**- 1.электр тогунун булагынын оң уюлу; 2.прибордун ток булагынын оң уюлу менен туташуучу электроду; 3.электролиттик ваннанын оң уюлу; 4.электр жаасынын оң электроду.

---

**Аномалия** – жалпы закон ченемдүүлүктөн, нормадан четтөө, өзгөчөлөнүү, “туура эместик”.

---

**База** – жарым өткөргүчтүк прибордун эмиттердик жана коолектордук *p-n*-өтмөктөрүнүн аймактарынын арасындагы электрдик байланышты камсыздоочу электроду

---

**Батарея** – бирге аракеттенүү үчүн бир системага бириктирилген бир типтеги приборлордун же түзүлүштөрдүн жыйындысы. М.: *аккумулятордук Б.*- электрдик аккумуляторлордон түзүлгөн электрдик батарея. *Конденсатордук Б.*-удаалаш же жарыш туташтырылган электрдик конденсаторлордон түзүлгөн батарея. *Электрдик Б.*-удаалаш же жарыш туташтырылган ток булактарынан түзүлгөн батарея.

---

**БП** (блок питания) – кассеталарды, приборлорду же курулманы энергия менен камсыз кылуучу (азыктандыруучу) ток булагы, энергия булагы.

---

**Блок- схема** – лабораториялык курулманы же электр чынжырын түзүүчү приборлордун өз ара жайгашуу иретин, туташтырылышын көрсөтүүчү жөнөкөй чийме.

---

**Боксид** –  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$  минералы.

---

**Вакансия** – кристаллдык торчонун бөлүкчөлөр (иондор, атомдор же молекулалар) тарабынан ээленбей калган бош орду, кристаллдагы дефекттин бир түрү.

---

**Вариации магнитные** – Жердин магнит талаасынын убакыттын өтүшү менен тынымсыз өзгөрүүлөрү.

---

**Вентиль** – ачып-жапкыч түзүлүш, клапан.

---

**Вилка** – электр тогу менен иштөөчү приборлорду, куралдарды ток булагына кошууга ылайыкташкан түзүлүш.

---

**Виртуальная лаборатория** – физикалык кубулуштарды, закон ченемдүүлүктөрдү компьютердик моделдердин жардамында өздөштүрүүгө ылайыкташкан лаборатория.

---

**Вольтметр** – электр чыңалуусун өлчөөчү прибор.

---

**Восприимчивость** – кабылдоочулук. Диэлектрдик  $K$ -диэлектриктин электр талаасында уюлдашуу жөндөмдүүлүгүн көрсөтүүчү мүнөздөмөсү. Магниттик  $K$ -магнетиктин магнит талаасында магниттелүү жөндөмдүүлүгүн көрсөтүүчү мүнөздөмөсү.

---

**Вторичный** – экинчи, кийинки

---

**Вход** – кирме, приборго электрдик сигнал кирүүчү клемма (кыскач).

---

**Выключатель-включатель** – электр чынжырын ажыратуучу – кошуучу түзүлүш.

---

**Выпрямитель тока** - өзгөрүлмө токтун турактуу токко өзгөртүп түзүүчү түзүлүш.

---

**Выход** – чыкма, электрдик сигнал чыгуучу клемма (кыскач).

---

**Генератор** – өндүрүүчү түзүлүш, машина. М.: электрогенератор – энергиянын башка түрлөрүнөн электр энергиясын өндүрүүчү түзүлүш.

---

**Гистерезис** – нерсенин абалын мүнөздөөчү физикалык чоңдуктун сырткы шарттарды мүнөздөөчү физикалык чоңдуктан бир маанилүү эмес көз карандылыгы.

---

**Градуировка средств измерений** - өлчөө каражаттарын шкала же градуировкалоочу таблица менен камсыздоо операциясы (иш аракетин).

---

**Датчик(измерительный преобразователь)** – өлчөнүүчү физикалык чоңдукту өлчөөгө, өткөрүп берүүгө, сактоого, каттоого жана башкарылуучу процесстерге таасир этүүгө ыңгайлуу сигналга өзгөртүп түзүүчү өлчөө каражаты.

---

**Декада** – ондук.

---

**Декремент** – азайуу, басандоо, м.: термелүүнүн басандоосунун көрсөткүчү.

---

**Диполь** – бирдей чоңдуктагы оң жана терс заряддардын кошоктолгон системасы.

---

**Дроссель** – ичинде темир өзөкчөсү бар (же жок) өткөргүч түрмөгү, өзгөрүлмө токтун чынжырындагы токтун күчүн жөнгө салуу үчүн колдонулат.

---

**Дырка** – көзөнөк, кристаллдык торчонун түйүнүндөгү атомдун электрону чыгып кеткен бош орду.

**Заряженная частица** – заряддалган бөлүкчө, электр зарядына ээ болгон бөлүкчө.

**Импеданс** – өзгөрүлмө токту чынжырынын толук каршылыгы:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}, \text{ мында } R - \text{Омдук каршылык, } X_L - \text{индуктивдик каршылык жана } X_C - \text{сыйымдуу каршылык.}$$

**Кабель** – өткөргүчтөрдүн жана диэлектриктердин электр тогун, электрдик ж.б. сигналдарды өткөрүүгө ылайыкташтырылып топтолгон курамы.

**Калибровка** – калибрлөө, эталонго туурулоо.

**Кассета** – куту, кутуча.

**Катион** – (төмөн түшүүчү) терс зарядга ээ болгон бөлүкчө.

**Катод** – (төмөнгө түшүүчү жол) ток булагынын терс уюлу менен туташкан электрод.

**Катушка** – чыгырык, зым түрүлгөн чыгырык, өткөргүчтүн орому.

**Катушка индуктивности** – индуктивдүүлүк түрмөгү, чыгырыкка оролгон зым, өткөргүч.

**Клемма** – кыскач, өткөргүчтөрдү бири-бирине улоочу түзүлүш.

**Колебательный контур** – термелүү контуру, электромагниттик термелүүлөрдү түзүп таратуучу же кабыл алуучу, өз ара удаалаш туташтырылган конденсатордон жана индуктивдүүлүк түрмөгүнөн турган туюк электр чынжыры.

**Комплект** – нерселердин бир бүтүн жыйнагы.

**Компонента** – түзүүчүсү, бөлүгү.

**Конвекция** – суюк жана газ чөйрөлөрдө жылуулуктун заттын агымы аркылуу ташылышы.

**Конденсатор** – арасы диэлектрик менен ажыратылган эки өткөргүчтүн системасы, электр зарядын топтоочу түзүлүш.

**Контакт** – электр зымдарынын өз ара тийишкен, бириккен жери.

**Корпус** – прибордун тулкусу.

**Кран (смесители)** – суу чоргосу.

**Лампа (лампочка)** – электр чырагы, электр энергиясын жарыкка айландыруучу түзүлүш.

**ЛАТР** – лабораториялык автотрансформатор.

**Магазин** – каршылыктардын (резисторлордун) же сыйымдуулуктардын (конденсаторлордун) топтому.



**Мгновенное значение** – физикалык чоңдуктардын заматтык, убакыттын берилген моментиндеги мааниси.

---

**Метод** – усул, маселени чечүүнүн жолу.

---

**Механизм** – механизм, кайсы бир кубулуштардын жүрүү ирети, өзгөчөлүгү, табияты.

---

**Нагрузка**- электр тогун керектөөчү (прибор, курал, жабдуу ж.б.), электр чынжырынын бөлүгү.

---

**Наконечник** - өткөргүчтү розеткага же кыскычтарга сайып кошуу үчүн уланган катуу уч.

---

**Номинальный** – номиналдык, физикалык чоңдуктун кайсы бир шарттарга эсептелген мааниси.

---

**Обкладка** – конденсатордун пластиналары, канаттары.

---

**Осциллограф** – электрдик термелүүлөрдү каттап, параметрлерин өлчөөчү жана жарык нурунун термелүүлөрүнө айлантып көрсөтүүчү түзүлүш.

---

**p-n-переход** – p-n-өтмөгү, электрондук жана көзөнөктүк өткөрүмдүүлүккө ээ болушкан эки жарым өткөргүчтү өз ара тийиштиргенде түзүлүүчү кош электрдик катмар.

---

**Панел** – прибордун кутусунун (алдыңкы, арткы же каптал) бети.

---

**Переключатель** – электр чынжырынын бир бөлүгүн үзүп, башка бөлүгүнө улоочу түзүлүш.

---

**Потенциал** – дарамет, мүмкүнчүлүк. М.: электр талаасынын потенциалы – ошол чекитке жайгаштырылган бирдик оң заряддын ал талаанын эсебинен ээ болгон потенциалдык энергиясын көрсөтөт.

---

**Потенциометр** – потенциометр, электр талаасынын потенциалын башкаруучу, жөнгө салуучу түзүлүш.

---

**Прибор** – прибор, аспап, шайман.

---

**Пробой электрический** – теги боюнча электр өткөрбөөчү чөйрөдө электр тогунун кескин өсүшүнө алып келүүчү процесстердин жалпы аталышы.

---

**Просветление оптики** – атайын каптамаларды чаптоо жолу менен оптикалык системалардын деталдарынын чагылтуу коэффициенттерин азайтуу.

---

**Работа выхода** – чыгуу жумушу, электронду катуу заттан же суюктуктан вакуумга которуу үчүн сарпталган энергия.

---

**Разряд электрический** – электр тогунун зат аркылуу, ал заттын абалынын өзгөрүүсү менен коштолуучу, өтүүсү.

---

**Резистор** – каршылыгы белгилүү болгон өткөргүч же өткөргүчтүн орому.

---

**Резонанс** – аргасыздандыруучу күчтүн жыштыгы системанын өздүк термелүүлөрүнүн жыштыгына жакындаганда аргасыз термелүүлөрдүн амплитудасынын кескин өсүү кубулушу.

---

**Реостат** – электр чынжырынын каршылыгын өзгөртүү аркылуу андагы ток күчүн жана чыңалууну жөнгө салуучу түзүлүш.

---

**РНШ** (регулятор напряжения школьный) – чыңалууну жөнгө салгыч.

---

**Розетка** – электр тармагынын керектөөчүлөрдү (приборлор, аспаптар ж.б.) туташтырууга ылайыкташкан кыскач кош учу.

---

**Свет** – жарык, жыштыктардын кишинин көзү кабылдоочу интервалындагы электромагниттик толкундар.

---

**Светодиод** – жарык чыгаруучу диод.

---

**Сигнал** – изилденүүчү окуянын башталгандыгын каттоо же байланыш каналдары аркылуу кабарды өткөрүп берүү үчүн кызмат кылуучу кайсы-бир физикалык чоңдуктун өзгөрүшү.

---

**Синхронизация** – синхрондоштуруу, эки же андан көп окшош кубулуштарды убакытка карата өз ара шайкештикке келтирүү. Мисалы, эки гармоникалык термелүү бирдей абалдарга (максимум, минимум же нөл) чогуу жетишүүсүн камсыздоо.

---

**Скважность** – импульстук сигналдын кайталануу мезгилинин айрым жалгыз импульстук сигналдын узактыгына болгон катышы.

---

**Соленоид** – чыгырык түрүндө оролгон ток өтүүчү өткөргүч.

---

**Схема** – электр чынжырында элементтердин өз ара жайгашуусун, туташтырылышын чагылдырган шарттуу чийме.

---

**Транзистор** – эки р-п -өтмөгүн камтыган жана электр чынжырына үч контакты аркылуу кошулуучу, электрдик термелүүлөрдү пайда кылуу жана күчөтүү, ж.б. максаттарда колдонулуучу жарым өткөргүчтүк прибор.

---

**Трансформатор** – өзгөрүлмө электр тогунун чыңалуусун жогорулатып же төмөндөтүп берүүчү прибор.

---

**Тумблер** – электр чынжырын үзүп-улоочу “ачкычтын” бир түрү.

---

**Узел электрической цепи** – электр чынжырынын түйүнү, үч же андан көп өткөргүчтөрдүн кошулган чекити.

---

**Участок** – электр чынжырынын бөлүгү.

---

**Цена деления** – бөлүктүн наркы, жебелүү өлчөгүч прибордун шкаласындагы удаалаш эки сызыктын (бөлүктүн) арасынын өлчөнүүчү чоңдук аркылуу туюнтулган мааниси.

---

**Цифра** – санарип, санды туюнткан белги.

---

**Цифровая лаборатория** – санариптик лаборатория, компьютердин жана атайын датчиктердин жардамында физикалык тажрыйбаларды башкаруучу, андагы чоңдуктарды өлчөп- эсептөөчү жана алардын арасындагы байланышты график, таблицалар формасында көрсөтө алуучу курулма.

---

**Чувствительность** – сезгичтик, өлчөгүч прибордун андан чыккан сигналдын (мисалы, прибордун шкаласын бойлото жебенин жылышынын) өлчөнүүчү чоңдуктун ал сигналды пайда кылуучу өзгөрүүсүнө болгон катышы аркылуу туюнтулуучу касиети.

---

**Шкала** - өлчөгүч приборлордун, куралдардын бөлүк сызыктар, цифралар же символдордун катары түрүндө берилген жана өлчөнүүчү чоңдуктардын маанилерин эсептөө үчүн кызмат кылуучу бөлүгү.

---

**Штепсель** – тыгын, өткөргүчтүн розеткага же кыскачка кошулуучу учу.

---

**Штырь** – өткөргүчтүн катуу учу, казыкча.

---

**Шунт** – электр чынжырынын бөлүгүнө жарыш туташтырылуучу кошумча электрдик каршылык.

---

**Щит** – электр системаларын көзөмөлдөөчү, өлчөөчү приборлор бекитилген, орнотулган кутуча.

---

**Электризация** – электрлөө, нерсеге электр зарядын берүү.

---

**Электрическая цепь** – электр чынжыры, электр тогун керектөөчү, өзгөртүп түзүүчү жана жаратуучу түрдүү приборлордун жана түзүлүштөрдүн бири-бири менен өткөргүчтөр аркылуу туташтырылган көптүгү.

---

**Электрический фильтр** – электрдик фильтр, чынжыр аркылуу өтүп жаткан электрдик сигналдарды жыштыгы боюнча ажыратуучу түзүлүш.

---

**Электричество** – электрдик зыядалган нерселердин же бөлүкчөлөрдүн болушу, кыймылы жана өз ара аракеттенишүүлөрү менен шартталган кубулуштардын көптүгү.

---

**Электрод** – белгилүү бир потенциалга ээ болгон жана кайсы-бир прибордун курамына кирген өткөргүч.

---

**Электромагнетизм** – заряддалган нерселердин жана бөлүкчөлөрдүн кыймылы менен байланышкан электрдик жана магниттик кубулуштардын көптүгү.

---

**Электромметр** – электрдик потенциалдар айырмасын, кичине электр заряддарын жана аз токторду өлчөөчү прибор.

---

**Электроскоп** – электр заряддарынын бар же жок экендигин билүү жана анын чоңдугун жакындаштырып аныктоо үчүн колдонулуучу жөнөкөй прибор.

---

## АДАБИЯТТАР

---

1. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм.-М.: В.шк., 1983.-463с.
2. Калашников С.Г. Электричество.-М.: «Наука», 1970.-668с.
3. Марипов А. Электр жана магнит кубулуштары (лекциялардын жыйнагы). Ош, 1993.-168б.
4. Абдылдаев А., Нурахунов М. Электр боюнча практикум.-Ф.: «Мектеп», 1970.-148б.
5. Кидибаев М., Шаршеев К. Жалпы физика курсу. Электр жана магнетизм.-Б.:2004, - 440б.
6. Папиев М., Ташиев Ү.Ж., Бөкөев К.А. Физиканын негиздери. Электродинамика, 1-2-бөлүк. Ош, 2001.
7. Черненко В.П. Лабораторные работы по электричеству. Ош, ОГПИ,1991.-86с.8.Физикалык практикум. Компьютердик моделдердин жардамында аткарылуучу лабораториялык иштер. //Түз. Эгембердиев Ж., Калбекова М. Ош, ОшМУ «Билим», 2009.-125б.
9. Физикалык практикум. Молекулалык физика. //Түз. Ж.Эгембердиев, П.Кожобекова, Ж.Мамасадыкова. – Ош, ОшМУ: «Билим», 2008,-196 б.
10. Патокин Е.И. Электротехника и основы электроники. Лабораторные работы. Л., 1988.-203с.
11. Алукер Ш.М. Электроизмерительные приборы.-М.:В.шк.,1976.-232с.
12. Енохович А.С. Справочник по физике.-М.: Просвещение, 1990.-384с.
13. Колтун М.М. Солнечные элементы. –М.: «Наука», 1987.-192с.
14. Алексеев В.В., Чекарев К.В. Солнечная энергетика.-М.: «Знание», сер.Физика, 1991,№12.-64с.
15. Володин В., Хазановский П. Энергия, век двадцать первый.-М.: «Детская литература»,1989.-142с.
16. «Открытая физика 2.5»(CD, часть 1 и 2). Обучающая компьютерная программа. ООО Физикон, Долгопрудный (Россия), 2002.
17. «Открытая физика 2.6»(CD, часть 1 и 2). Обучающая компьютерная программа. ООО Физикон, Долгопрудный (Россия), 2004.
18. Козлов В.И. Общий физический практикум. Электричество и магнетизм.-М.:Изд-во МГУ,1987.-270с.
19. Бурсиан Э.В. Физические приборы. –М.: Просвещение, 1984. -271с.
20. Халиуллин Р.Н. Радиотехника: Лабораторный практикум. -Ош, ОшГУ, 2008, -184с.
21. Электромагнетизм //Түз.: Р.М.Султаналиева, Б.Б.Бекташов, Н.А.Тургунбаев.-Б.:КТУ, ”Текник”ББ, 2006. -31 б.
22. Брюханов А.В., Пустовалов Г.Е., Рыдник В.И. Толковый физический словарь. Основные термины. М.,1988. -232с.



**Ж. Эгембердиев, З.Омаралиева**

## **Физикалык практикум**

### **Электромагнетизм**

*Университеттердин физика, математика, информатика  
жана инженердик-техникалык адистиктеринин  
студенттери үчүн окуу колдонмосу*

Редактор:	<b>И. Ташполотов</b>
Тех.редактор:	<b>М. Маматалиев</b>
Корректор:	<b>З. Омаралиева</b>
Компьютерде жасалгалоо:	<b>Ө. Жакыпов</b>

Терүүгө 15.02.2012-жылы берилди.

Басууга 03.04.2012-жылы кол коюлду.

Кагаздын форматы 60x84 1ү16.

Көлөмү 8,75 басма табак. Нускасы 200. Буюртма № 217  
«Ошоблбасмакана» АК офсеттик ыкма менен басылды.

Ош шаары. Курманжан датка көчөсү-209

