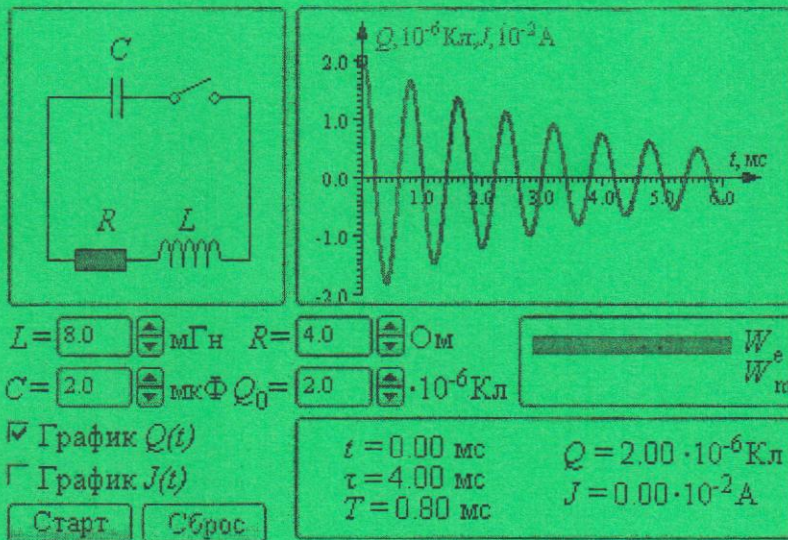


ФИЗИКАЛЫК ПРАКТИКУМ



Ош - 2009

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН
БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА ИЛИМ МИНИСТРЛИГИ
ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ

Физикалык практикум

*Компьютердик моделдердин жардамында
аткарылуучу лабораториялык иштер*

Университеттердин физика, математика, информатика
жана инженердик-техникалык адистиктеринин студенттери,
жалпы билим берүүчү орто мектептердин окуучулары үчүн
окуу колдонмосу

Ош - 2009

УДК 53
ББК 22.3
Ф50

Ош Мамлекеттик Университетинин Окумуштуулар Кеңешинин чечими менен басмага сунушталган.

Рецензенттер - ОшМУнун жалпы физика жана физиканы окутуу методикасы кафедрасынын доценти, пед. илим. кандидаты М. Папиев, ОшГУнун физика кафедрасынын доценти, тех. илим. кандидаты А. Сатыбалдиев.

Түзүүчүлөр: Ж.Эгембердиев, М.Калбекова

Ф50 ФИЗИКАЛЫК ПРАКТИКУМ: Компьютердик моделдердин жардамында аткарылуучу лабораториялык иштер: Уни-дин физика, математика, информатика ж-а инженердик-техн. адис. студ., орто мектептердин окуучулары үчүн окуу колдонмосу //Түз. Ж.Эгембердиев, М.Калбекова. – Ош: ОшМУ: «Билим» редакциялык-басма бөлүмү, 2009. – 125 б.

ISBN 978-9967-03-539-3

Окуу колдонмосунда интерактивдүү «Открытая физика 2.5» (ООО Физикон, Россия) компьютердик окутуучу программасынын 2-бөлүгүндөгү моделдерди пайдаланып аткарууга ылайыкташтырылган 8 лабораториялык иштин баяндамасы берилген. Бул виртуалдык лабораториялык иштер физика курсунун *электродинамика, электромагниттик термелүүлөр жана толкундар* бөлүмүнүн айрым маселелерин талдап өздөштүрүүгө арналган.

Ар бир баяндама студенттерди аткарылуучу иштин максаты, изилденүүчү кубулуштардын илимий-теориялык көз караштардын негизинде түшүндүрүлүшү, ишти компьютердик моделдердин жардамында аткаруунун тартиби, алынган натыйжаларды иреттеп жайгаштыруу, баалоо жана тиешелүү тыянак чыгаруу жолдору менен тааныштырат.

Ф 1604000000-09
ISBN 978-9967-03-539-3

УДК 53
ББК 22.3
© ОшМУ, 2009

МАЗМУНУ

Киришүү	4
УСУЛДУК КЕҢЕШТЕР	6
1. «Открытая физика 2.5» интерактивдүү окутуучу компьютердик программасы жана аны иштетүү.....	6
2. Виртуалдык лабораториялык иштердин тапшырмалары жана аларды аткаруунун өзгөчөлүктөрү.....	8
3. Иштин отчетун даярдоо	11
ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШТЕРДИН БАЯНДАМАЛАРЫ	12
1. Чекиitik заряддардын өз ара аракеттенишүүлөрү.....	12
2. Турактуу токтун чынжырлары.....	30
3. Жарыш токтордун өз ара аракеттенишүүсү.....	52
4. Электр зарядынын магнит талаасындагы кыймылы.....	67
5. Электромагниттик индукция.....	80
6. Масс-спектрометр.....	91
7. Турактуу токтун чынжырларындагы конденсаторлор.....	100
8. RLC-контурндагы эркин термелүүлөр.....	112
АДАБИЯТТАР	125

КИРИШҮҮ

Физика – эксперименталдык илим, учурдагы жана келечектеги илимий-техникалык прогресстин өзөгү. Анын пайдубалын улуу физиктердин тарыхый тажрыйбалары, фундаменталдуу иликтөөлөрү түзөт. Ошондуктан физикалык тажрыйбалардын илимий-усулдук, табиятты таанып-билүүчүлүк маңызы менен таанышуу, аларды өздөштүрүү жана өнүктүрүү ар бир доордун жаңы муундары үчүн актуалдуу маселе бойдон кала берери шексиз. Физикалык тажрыйбалар менен таанышуу алгач орто мектептерде, андан ары - жогорку окуу жайларында физика сабактарында ишке ашырылат.

Орто мектептердеги физика сабактарында лабораториялык иштерди аткарып талдоо, жогорку окуу жайларындагы физикалык практикум сабактары жаштардын физика илиминин маңызын өздөштүрүүсүнө көмөк көрсөтөт, аларды проблемалык маселелерди талдап чече билүүгө үйрөтөт, турмушка керектүү практикалык ыкмашыгууларга ээ болушуна кызмат кылат.

Албетте, ар бир тажрыйбаны жөнөкөй же заманбап физикалык приборлордун, өлчөөчү куралдардын жана курулмалардын жардамында жүргүзүү өтө зор илимий-усулдук, таанып билүүчүлүк мааниге ээ. Бирок, бүгүнкү күндө бардык эле окуу жайларында ал тажрыйбалар жасалган алгачкы тарыхый шарттарды дал өзүндөй кайталоого же, аларды жаңы куралдардын жардамында ишке ашырууга толук шарт жок. Мындай жагдайда маселени башка, альтернативдүү жолдор менен болсо да чечүүгө аракет жасоо зарыл. Учурда мындай жолдордун бири катары физика илиминин өсүп-өнүгүшүнүн натыйжасында жаралган заманбап мультимедиа каражаттарын, компьютердик технологияларды билим берүү жаатында орду менен колдонуу эсептелет.

Чет өлкөлөрдүн, мисалы, Россиянын окуу жайларында бул багытта жүргүзүлүп жаткан иш-аракеттердин динамикасы компьютердик технологиялардын билим берүү тармагындагы үлүшү улам өсүп бараткандыгын көрсөтөт. Компьютердик технологияларга негизделген билим берүү окутуунун кылымдардын сынагынан өткөн салттуу формаларын эч качан толук алмаштыра албаса да айрым натыйжалуу өзгөчөлүктөргө ээ экендигин баса белгилей кетүү зарыл.

Компьютердик моделдерге таянган виртуалдык эксперименттер өзгөчө физика предметин окутууда, мисалы, өтө кымбат, татаал курулмалардын жардамында жүргүзүлүүчү айрым физикалык тажрыйбаларды, зыяндуу чөйрөлөрдө же кооптуу шарттарда өтүүчү процесстерди, микро- же мегамасштабдагы кубулуштарды сабак учурунда элестүү көрсөтүү, алардын маани-маңызын түшүндүрүү үчүн өтө ыңгайлуу экендиги байкалууда.

Лабораториялык сабактарда компьютердик моделдерди колдонуу ар бир ишти өз убагында, б.а. тиешелүү теориялык материал өздөштүрүлүп жаткан мезгилде, чогуу (фронталдуу) аткарууга, демек, окутуунун сапатын сезилэрлик жакшыртууга жана материалдык чыгымдарды азайтууга мүмкүндүк берет.

Физикалык практикумдун компьютердик моделдери окутуунун түрдүү - күндүзгү, сырткы, дистанттык жана экстерндик формаларына ылайыкташтырып пайдалана бергидей универсалдуу мүнөзгө ээ, анын келечеги кеңири.

ОшМУнун жалпы физика жана ФОУ кафедрасында «Физикон» компаниясы (Россия) тарабынан даярдалган бир нече окутуучу программалар колдонулуп келет. Бул компаниянын «Открытая физика 2.5» деп аталган жана эки бөлүктөн турган интерактивдүү окутуучу компьютердик программасы физика курсунун негизги маселелерине арналган теориялык материалдан жана моделдерден сырткары 26 лабораториялык иштин тапшырмаларын камтыйт. Андагы моделдерди башкаруучу программа лабораториялык ишке тиешелүү түрдүү физикалык закон ченемдүүлүктөрдү көргөзмөлүү моделдештирип, виртуалдык окуп үйрөнүүгө мүмкүндүк берет.

«Открытая физика 2.5» программасындагы моделдер өтө кеңири дидактикалык мүмкүнчүлүктөргө ээ. Ошондуктан аларды пайдаланып, тапшырмалардын түрдүү татаалдыктагы системасын иштеп чыгууга жана аларды сабактын түрүнө, студенттердин кабылдоо деңгеелине жараша тандап сунуштоого болот. Бул багытта топтолгон алгачкы тажрыйбалар, усулдук кеңештер менен атайын журналдардан, Интернет барактарынан таанышууга болот.

Сунуш кылынып жаткан колдонмодо интерактивдүү «Открытая физика 2.5» (2-бөлүк) окутуучу компьютердик программасынын жардамында аткарылуучу физика курсунун **электродинамика, электромагниттик термелүүлөр жана толкундар** бөлүмүнө тиешелүү 8 лабораториялык иштин баяндамасы берилди. Бул виртуалдык лабораториялык иштерди окутуучу программанын учурда колдонууга чыгарылган «Открытая физика 2.6» версиясын пайдаланып аткарууга да болот.

Колдонмонун кол жазмасын карап чыгып, баалуу кеңештерин айтышкан кесиптештерибизге терең ыраазычылык билдиребиз жана окурмандардын колдонмонун сапатын жогорулатууга багытталган сунуш-пикирлерин күтөбүз.

Түзүүчүлөр.

1. «Открытая физика 2.5» интерактивдүү окутуучу компьютердик программасы жана аны иштетүү

Бул колдонмодо «Открытая физика 2.5» аттуу интерактивдүү окутуучу компьютердик программасынын (Физикон, Россия, 2004-ж. 19-мартындагы №41/04 лицензиялык келишим) 2-бөлүгүнүн курамындагы компьютердик моделдердин жардамында аткарылуучу физиканын электродинамика, электромагниттик термелүүлөр жана толкундар бөлүмүнө тиешелүү лабораториялык иштердин баяндамалары берилди.

«Открытая физика 2.5» курсу орто мектептердин, лицейлердин, гимназиялардын, колледждердин окуучуларына, ЖОЖго кирүүгө даярданып жатышкан абитуриенттерге, педагогикалык жана техникалык ЖОЖдордун төмөнкү курстарынын студенттерине жана физиканы өз алдынча окуп үйрөнүүчүлөргө арналган. «Открытая физиканын» мазмуну Россиянын жалпы билим берүүчү мекемелериндеги физика курсунун программасына негизинен дал келет. Курстун айрым бөлүмдөрү программага кирбейт жана физиканы тереңдетип өздөштүрүүдө колдонулушу мүмкүн.

Курстун идеясынын жана концепциясынын автору физика-математика илимдеринин кандидаты, Москвадагы Физика-техникалык институттун (МФТИ) доценти Н.Н.Соболева. «Открытая физиканын» 2-бөлүгүн төмөнкү автордук топ даярдаган:

- С.М.Козел - МФТИнин профессору, физика-математика илимдеринин доктору, Эл аралык физикалык олимпиадалардагы Россиянын курама командасынын жетекчиси (окуу китеби, маселелер, интерактивдүү моделдер, жалпы редакциялоо);
- В.А.Орлов – профессор, билим берүү жаатында Россия Өкмөтүнүн сыйлыгынын Лауреаты, жалпы билим берүү институтунун физика лабораториясынын башчысы (тесттер, маселелер);
- А.Ф.Кавтрев – физика-математика илимдеринин кандидаты, окутуудагы компьютердик технологиялар лабораториясынын башчысы, Сорос мугалими (методикалык материалдар);
- В.И.Зинковский – педагогика илимдеринин кандидаты, Москва ачык билим берүү институтунун физика боюнча окуу-методикалык лабораториясынын башчысы (методикалык материалдар);

- Н.Н.Гомулина – физика жана астрономия боюнча методист, Москва ш. Округдук методикалык борборунун табигый илимдер циклдериин лаборатория башчысы (лабораториялык иштер, методикалык материалдар).

Электрондук окуу курсу өз ичине

- электрондук окуу китебин,
- 350дөн ашуун маселелерди, суроолорду жана тесттерди,
- интерактивдүү 60 моделди,
- ФИЗИКОН компаниясынын сертификаттарын жана сертификациялык тесттерин,
- өзүн-өзү текшерүү үчүн тесттердин системасын,
- окуучунун ишин каттоо журналын,
- маалыматтык таблицаларды,
- предметтик жана автордук көрсөткүчтөрдү,
- издеп табуу системасын,
- үндүк коштоону,
- мугалимдер үчүн методикалык колдонмолорду камтыйт.

«Открытая физика 2.5» окутуучу компьютердик программасы жазылган компакт дисктерди дүкөндөрдөн сатып алып же Интернет тармагына кирип чакырып, on-line режиминде пайдаланууга болот. Программанын тармактык версиясы өзүнчө сатылат. Керектөөгө жараша материалдары орус же англис тилдеринде даярдалган программаларды тандап алууга болот, анын кыргыз тилиндеги версиясы жок.

Интернет дареги: www.physicon.ru.

Аталган окутуучу программаны иштетүү үчүн компьютерге төмөнкүдөй минималдык талаптар коюлат:

Windows 95 / 98 / ME / NT / 2000 / XP, Internet Explorer 5.x / 6.0, Pentium – 150, дисктеги 200 Мбтык бош мейкиндик, 64 Мб оперативдүү эс тутум, CD – ROM, SVGA 800x600.

Ал эми сунуш кылынуучу талаптар төмөнкүдөй:

Windows 98 / ME / NT / 2000, Internet Explorer 5.x / 6.0, Pentium – II-400, дисктеги 200 Мб тык бош мейкиндик, 128 Мб оперативдүү эс тутум, CD – ROM, үндүк плата, SVGA 1024x768 (16 М түс).

Окутуучу программаны компьютерге орнотуу учурунда төмөнкү программалар кошо жүктөлөт:

- Microsoft Internet 5.0; Macromedia Flash Player 5.0;

- Microsoft XML Parser 3.0; SUN IRE 1.3. 0,01;
- Windows Scripting Host 5.6; Microsoft Java VM (Windows XP).

«Открытая физика 2.5» (2-бөлүк) программасынын терезеси экрандын Internet Explorerдин Башкы менюсу жана инструменттер Панели ээлеген бөлүгүнөн калган талаасын толук ээлейт. Ал терезенин эң жогорку бөлүгүндө программанын Башкы менюсу жайгашкан, ал «Содержание», «Модели» ж.б. маалыматтар жазылган сүрөттүү кнопкалардан турат. Курстун башкы менюсунан төмөнүрөөктө окуу ишмердүүлүгүнүн ар кандай түрлөрүн чагылдырган «Теория», «Контролдук суроолор», «Чыгарылышы менен берилген маселелер» ж.б. кнопкалардан турган текшерүү панели жайгашкан. Керектүү бөлүмдөргө өтүү үчүн курсорду тиешелүү сүрөттүү кнопканын үстүнө алып барып, чычкандын сол клавишасын бир жолу басуу жетиштүү. Моделдерде физикалык параметрлердин маанилерин өзгөртүү, сунуш кылынган түрдүү мүмкүнчүлүктөрдүн бирин тандоо, процесстерди баштоо жана токтотуу тиешелүү кнопкалардын жардамында оңой эле ишке ашырылат. Моделдеги объекттердин ордун өзгөртүү үчүн «Карма жана Сүйрө» технологиясы колдонулат. Объекттин үстүнө жеткенде курсор формасын өзгөртсө, анда чычкандын клавишасын баскан бойдон объектти жылдырып жаңы жайга которууга болот. Айрым моделдерде объектти курсордун жардамында сүйрөбөстөн, ал барчу орунга курсорду жайгаштырып, чычкандын сол клавишасын бир жолу басуу жетиштүү.

2. Виртуалдык лабораториялык иштердин тапшырмалары жана аларды аткаруунун өзгөчөлүктөрү.

Физика курсунун электродинамика, электромагниттик термелүүлөр жана толкундар бөлүмү боюнча виртуалдык лабораториялык иштерди аткаруу үчүн алгач «Открытая физика 2.5» окутуучу компьютердик программасынын 2-бөлүгүн активдештирип, анын мазмунунан керектүү теманы ачуу, андан кийин чычкандын жебесин ачылган беттин жогортогу оң жак бурчундагы таразанын белгисине коюп, сол кнопкасын басуу керек. Бул учурда экранда тиешелүү иштин эксперимент талаасын (сол тарапта) жана суроо-маселелерин (оңдо) камтыган бет ачылат.

Лабораториялык ишти аткаруу андагы суроолордо, маселелердин жана атайын эксперименталдык тапшырмалардын шарттарында сөз болгон физикалык жагдайларды эксперимент талаасында

моделдештирип, виртуалдык тажрыйба жүргүзүү, ал кубулуштардын маңызын өздөштүрүү жана аларды мүнөздөөчү физикалык чоңдуктардын ортосундагы байланыштардын өзгөчөлүктөрүн «аныктап, тактоо» багытында жүргүзүлүшү керек. Аткарылган иштин жыйынтыгы андагы суроолордун жана маселелердин жоопторун иреттеп, таблица түрүндө жайгаштыруу, аларды текшерүү, атайын эксперименттердин натыйжалары боюнча тиешелүү тыянактарды жасоо аркылуу чыгарылат.

Виртуалдык иштерге даярданып, аткарууда орус жана кыргыз группаларында окуган студенттер, ошондой эле үйүндө компютери, аталган окутуучу программасы болгон жана болбогон студенттер үчүн бирдей шарт түзүү максатында тиешелүү тема боюнча программадагы теориялык материал, суроолор жана алардын жоопторунун варианттары, маселелердин шарттары өзгөртүлбөстөн кыргыз тилине которулуп, иштин баяндамасына жайгаштырылды. Андан сырткары, моделдин мүмкүнчүлүгүнө жараша ар бир ишке кошумча компютердик эксперименттер сунуш кылынды. Баяндама «*Иштин максаты*», «*Иштин кыскача теориясы*», «*Иштин тапшырмалары*», «*Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун тартиби*», «*Билимди текшерүү үчүн суроолор*» сыяктуу стандарттуу бөлүмдөрдөн, жоопторду жана тажрыйбалардын натыйжаларын каттоо үчүн сунуш кылынган атайын *таблица*лардан турат.

Лабораториялык сабактын убактысын сарамжалдуу пайдалануу, анын натыйжалуулугун жогорулатуу максатында ишти төмөнкүдөй *эки этапта* аткарууну сунуш кылабыз:

1. **Сабакка чейин** окуу китептерин, иштин баяндамасын пайдаланып теориялык материалды өздөштүргүлө, аны дептериңерге кыскача жазып алгыла, иштеги суроолордун жоопторунун туурасын тандагыла, маселелерди чыгаргыла жана жообуңарды таблицалардын тиешелүү графаларына түшүргүлө.

2. **Сабак мезгилинде** жогорудагы «даярдыгыңардын» жыйынтыгын окутуучуга же лаборантка көрсөтүп, ишти аткарууга уруксат алгыла. Андан кийин программаны иштетип, кезеги менен суроолордун жана маселелердин жоопторунун тууралыгын текшергиле, б.а. «даярдыгыңарды» өз алдыңарча баалагыла. Таблицаалардын тиешелүү графаларын толтургандан кийин ирети менен суроолордун жана маселелердин шартындагы физикалык процесстерди программанын эксперимент талаасында моделдештирип, виртуалдык эксперименттерди жүргүзгүлө. Алынган натыйжаларды таблицалардын тиешелүү графаларына түшүрүп, баалагыла.

Иштин тапшырмаларында коюлган эксперименттерди пландаштырып, тиешелүү виртуалдык изилдөөлөрдү жүргүзгүлө.

Эксперименттин натыйжаларын таблицаларга түшүргүлө, аларды пайдаланып тиешелүү физикалык чоңдуктардын ортосундагы көз карандылыкты туюнтуучу графиктерди чийгиле, керектүү тыянактарды жасагыла.

Жогоруда сөз болгондой, ар бир виртуалдык лабораториялык иш **суроолор, маселелер жана эксперименттер** деп бөлүнгөн үч топтогу тапшырмалардын системасын камтыйт. Алардын ичинен суроолор жана маселелерге студент эки жолу (биринчи жолу – иштин баяндамасын пайдаланып сабакка даярданып жатканда, жана, экинчи жолу сабак мезгилинде - компьютерди жана программаны колдонуу менен) кайрылууга туура келет.

Көпчүлүк суроолордун туура жоопторун сапаттык ой жүгүртүүнүн жардамында оңой эле аныктоого болот. Ошондой болсо да, бардык суроолордун тандалган жоопторунун, маселелердин жоопторунун туура экендигин *сандык эсептөөлөрдүн же аналитикалык туюнтмалардын (формулалардын) жардамында негиздөөнү* сунуш кылабыз. Ал үчүн алгач суроо же маселеде сөз болуп жаткан физикалык кубулушту сүрөттөөчү негизги (**таяныч**) формуланы жазып, кийин аны тапшырманын жообун эсептөөгө ыңгайлуу көрүнүшкө, б. а. **жумушчу** формулага өзгөртүп түзүп алуу керек. Бул жагдайды эске алуу менен колдонмодо ар бир тапшырманын жоопторун каттоого ыңгайлуу таблицалардын үлгү формалары кошо берилди.

Маселелердин жоопторун программадагы терезечеге киргизерде чоңдуктардын сан маанилерин моделде кабыл алынган тактыкка чейин (тиешелүү иштин эксперимент талаасын карагыла) тегеректеп алгыла. Даражалуу санды, мисалы, 10^5 ти «e5», ал эми 10^{-3} тү «e-3» көрүнүшүнө өзгөртүп жазып алуу керек.

Табигый эксперименттен айырмаланып виртуалдык экспериментте изилденүүчү процесс, же тагыраак айтканда, анын моделинин иштөөсү, ал үчүн түзүлгөн компьютердик программанын талаптарынын чегинен чыга албайт. Демек, бирдей шартта кайталанып «жүргүзүлгөн» ар бир тажрыйба бирдей эле натыйжаны берет. Ошондуктан виртуалдык тажрыйбаны сөзсүз бир нече жолу кайталап текшерүүнүн, алардын ар биринин натыйжасын таблицкага түшүрүүнүн, каталыктарды эсептөөнүн зарылчылыгы жок. Кайталоо изилденүүчү процесстин маңызын түшүнүү, өзгөчөлүктөрүн талдоо жана тиешелүү тыянактарды жасоо үчүн керек болушу мүмкүн.

Сөз болуп жаткан виртуалдык иштер физиканын айрым бөлүктөрү боюнча семестрлерге бөлүнүп өтүлүүчү лабораториялык сабактардагы кадимки иштердин катарында сунушталгандыктан, аларга негизинен бирдей талаптар коюлду. Аталган окутуучу программанын тармактык версиясын пайдаланып, сабакты фронталдуу түрдө

уюштуруу керек болсо, анда виртуалдык лабораториялык иштерге коюлуучу талаптарга тиешелүү өзгөртүүлөрдү жана толуктоолорду киргизүү зарыл.

«Открытая физика 2.5» окутуучу компьютердик программасында айрым техникалык каталыктар кездешет. Ал каталыктардын кээ бирлери программанын кийинки, «Открытая физика 2.6», версиясында оңдолгону менен, анда башка жаңы каталыктарга жол берилген. Колдонмонун тиешелүү беттеринде биз байкаган каталыктарды түзөтүп берүүгө же, жок дегенде, аларга окурмандын көңүлүн бурууга аракет жасадык. Ошондуктан интерактивдүү окутуучу программанын түрдүү версияларын жана алар боюнча даярдалган колдонмолорду өздөштүрүп жатканда алардагы материалдарга сын көз менен карап, тиешелүү жерлерин тактап пайдаланууну сунуш кылабыз.

3. Иштин отчетун даярдоо

Сабактын аягына чейин ар бир студент аткарылган иштин жыйынтыгы тууралуу отчет даярдап, тапшырууга аракет кылышы керек.

Отчет төмөнкүдөй бөлүмдөрдү камтышы зарыл:

1. *Лабораториялык иштин катар номери жана толук аталышы*
2. *Иштин максаты*
3. *Иштин кыскача теориясы* (негизги формулаларды көчүрүп, ага кирген чоңдуктарга түшүндүрмө бергиле, чен бирдиктерин атагыла)
4. *Колдонулган приборлор, курулмалар жана каражаттар* (Экрандан эксперимент талаасын жана андагы сүрөттү көчүрүп, анын деталдарынын аталыштарын жазгыла)
5. *Иштин тапшырмалары* (суроолор жана алардын жоопторунун варианттары, маселелер, эксперименттер)
6. *Эсептөөлөрдүн жана виртуалдык эксперименттердин натыйжалары* (таблицалар, графиктер, тыянактар)
7. *Суроолордун жана маселелердин «0» упай алган жоопторун талдоо, каталыктарды аныктоо жана оңдоо.*

Графиктерди масштабдуу (миллиметрдик) кагазга калем менен чийүү керек. Графиктин декарттык окторунун учтарына жебелер, чоңдуктардын белгилери жана чен бирдиктери сөзсүз коюлушу зарыл. Окторго бир калыптагы масштаб колдонулат. Ар бир графиктин астына анын толук аталышы жазылат. Лабораториялык ишти аткарууда алынган эксперименталдык маалыматтардын негизинде аларды теориялык көз-караштан түшүндүрүүнү камтыган кыскача тыянактар жасалат.

ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШТЕРДИН БАЯНДАМАЛАРЫ

Табиятта жана күнүмдүк турмушта байкалуучу көптөгөн физикалык кубулуштарды механиканын, молекулалык-кинетикалык теориянын жана термодинамиканын гана закондорунун негизинде түшүндүрө албайбыз. Бул кубулуштарда нерселердин ортосунда аралыктан аракет этүүчү күчтөр байкалат, болгондо да ал күчтөр өз ара аракеттенишүүчү нерселердин массаларынан көз каранды болушпайт, демек, гравитациялык күчтөргө тиешеси жок. Ал күчтөрдү *электромагниттик күчтөр* деп аташат.

Электромагниттик күчтөрдүн бар экендигин байыркы гректер да билишкен. Бирок нерселердин электромагниттик аракеттенишүүлөрү байкалган физикалык кубулуштарды системалуу түрдө ар тараптан изилдөөлөр XVIII кылымдын аягында гана башталды. Көптөгөн окумуштуулардын аракети менен XIX кылымда электрдик жана магниттик кубулуштарды изилдөөчү ырааттуу илим түзүлүп бүттү. Физиканын маанилүү бөлүктөрүнүн бири болуп саналган бул илим *электродинамика* деген аталышка ээ болду. Электродинамиканын негизги изилдөө объектилери болуп электр заряддары жана токтору тарабынан түзүлүүчү электр жана магнит талаалары эсептелишет.

1. ЧЕКИТТИК ЗАРЯДДАРДЫН ӨЗ АРА АРАКЕТТЕНИШҮҮЛӨРҮ

Иштин максаты:

- Кыймылсыз чекиттик заряддардын электрдик аракеттенишүүлөрүн моделдештирүү.
- Заряддардын сакталуу законун жана Кулондун законун текшерүү.
- Талаалардын жана күчтөрдүн суперпозиция принцибинин маңызын өздөштүрүү.
- Чекиттик заряддын жана электрдик диполдун электр талааларынын мейкиндиктик бөлүштүрүлүшүн изилдөө.

Иштин кыскача теориясы

Электрдик заряд. Кулондун закону

Ньютондун механикасындагы нерсенин гравитациялык массасы түшүнүгү сыяктуу электродинамикада заряд түшүнүгү биринчи, негизги түшүнүк болуп эсептелет.

Электрдик заряд – бөлүкчөлөрдүн же нерселердин бири-бири менен электромагниттик күчтүк аракеттенишүүлөргө катышуу касиетин мүнөздөөчү физикалык чоңдук. Электрдик заряд адатта q же Q тамгалары аркылуу белгиленет.

Бардык белгилүү эксперименталдык фактылардын жыйындысы төмөнкүдөй тыянактарды жасоого мүмкүндүк берет:

- Электрдик заряддардын шарттуу түрдө оң жана терс деп аталышкан, эки түрү (теги) жашайт.
- Заряддар бир нерседен башкасына (мисалы, аларды өз ара тийиштиргенде) өткөрүлүшү мүмкүн. Нерсенин массасынан айырмаланып, электрдик заряд ал нерсенин ажыралгыс мүнөздөмөсү эмес. Бир эле нерсе түрдүү шарттарда түрдүүчө зарядга ээ боло алат.
- Бир аттуу заряддар бири-биринен түртүлүшөт, түрдүү аттуулары – тартылышат. Бул жагынан да электромагниттик күчтөр гравитациялык күчтөрдөн кескин айырмаланышын көрөбүз. Гравитациялык күчтөр ар дайым тартылуучу күчтөр болушат.

Табияттын фундаменталдык закондорунун бири болуп тажрыйбада аныкталган электрдик заряддын сакталуу закону эсептелет.

Туюк системаны түзгөн бардык нерселердин заряддарынын алгебралык суммасы турактуу сакталат:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = const .$$

Бул закон нерселердин туюк системасында бир гана белгидеги заряддардын пайда болуу (жаралуу) же жоголуу процесстери байкалышы мүмкүн эместигин көрсөтөт.

Бүгүнкү көз караш боюнча зарядды алып жүрүүчүлөр болуп *элементардык бөлүкчөлөр* эсептелишет. Бардык кадимки нерселер курамына оң заряддуу *протондор*, терс заряддуу *электрондор* жана нейтралдуу бөлүкчөлөр – *нейтрондор* кирген атомдордон турушат. Протондор жана нейтрондор атомдун яросунун курамына кирет, электрондор атомдордун электрондук кабыкчаларын түзүшөт. Протондун жана электрондун заряддары модулу боюнча бирдей жана элементардык зарядга (e) тең:

$$e = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}.$$

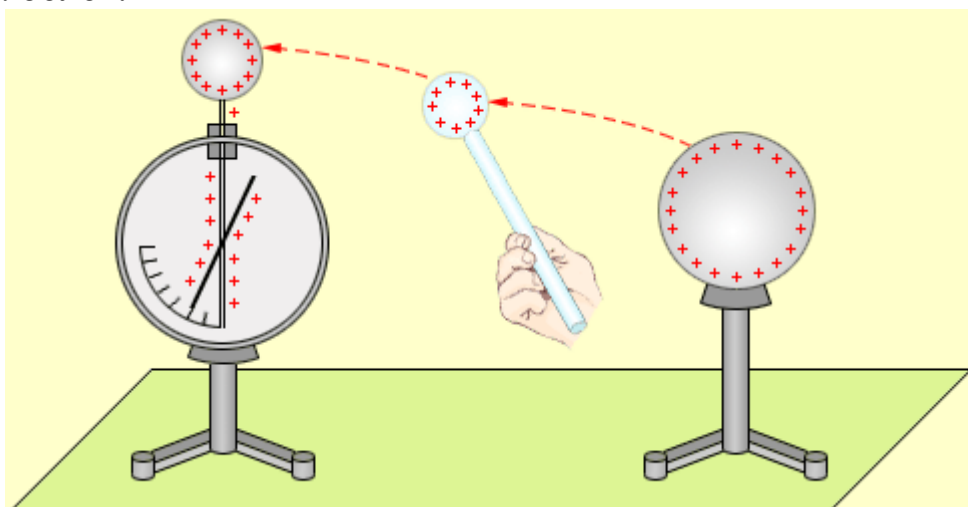
Нейтралдуу атомдо ядродогу протондордун саны кабыкчадагы электрондордун санына барабар. Бул сан *атомдук номер* деп аталат. Берилген заттын атому бир же бир нече электронун жоготушу же ашыкча электронду өзүнө кошуп алышы мүмкүн. Бул учурларда нейтралдуу атом оң же терс заряддуу ионго айланат.

Заряд бир нерседен башкасына бүтүн сандагы элементардык заряддарды камтыган порциялар түрүндө гана бериле алат. Мына ошентип, нерсенин электрдик заряды – дискреттүү чоңдук:

$$q = \pm ne, \quad (n = 0, 1, 2, \dots).$$

Дискреттүү маанилерге гана ээ боло алуучу физикалык чоңдуктар *квантталган чоңдуктар* деп аталышат. e элементардык заряды электрдик заряддын кванты (эң кичине порциясы) болуп эсептелет. Элементардык бөлүкчөлөрдүн азыркы физикасында *кварктардын* – бөлчөктүү $\pm \frac{1}{3}e$ жана $\pm \frac{2}{3}e$ заряддарына ээ болгон бөлүкчөлөрдүн жашашы божомолдонот. Бирок эркин абалдагы кварктарды ушул күнгө чейин байкаша элек.

Кадимки лабораториялык тажрыйбаларда электрдик заряддарды байкоо жана өлчөө үчүн *электромметр* – металл стерженинен жана горизонталдык октун айланасында айлана алуучу жебеден турган прибор колдонулат (1.1-сүрөт). Жебе жана стержень прибордун металл корпусунан диэлектрик менен ажыратылган (изоляцияланган). Заряддалган нерсе электромметрдин стерженине тийгизилгенде бир белгидеги электрдик заряддар стержень жана жебе боюнча бөлүштүрүлүшөт. Алардагы заряддардын электрдик түртүшүү күчтөрү жебени кандайдыр – бир бурчка бурат, бул бурчтун чоңдугу боюнча электромметрдин стерженине берилген заряддын чоңдугу тууралуу сөз кылууга болот.

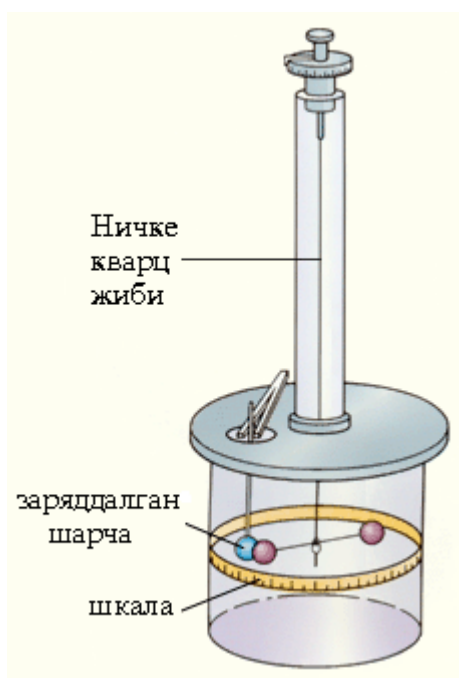


1.1-сүрөт. Заряддалган нерседен зарядды электромметрге ташуу.

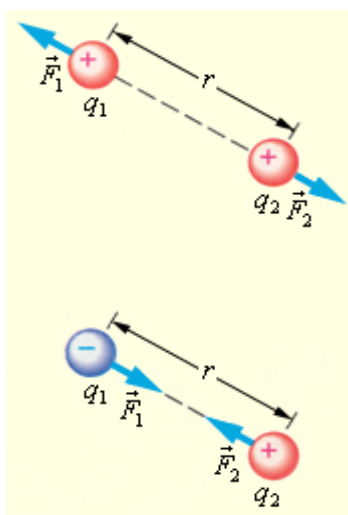
Электрометр анчалык так эмес прибор – ал заряддардын өз ара аракеттенишүү күчтөрүн изилдөөгө мүмкүндүк бербейт. Кыймылсыз заряддардын өз ара аракеттенишүү закону биринчи жолу француз физиги **Ш.Кулон (1785-ж.)** тарабынан аныкталган. Өз тажрыйбаларында Кулон заряддардын өз ара тартышуу жана түртүшүү күчтөрүн өзү жасаган айланма таразанын (1.2-сүрөт) жардамында өлчөгөн. Анын таразасы өтө жогорку сезгичтиги менен өзгөчөлөнгөн. Мисалы, таразанын ийиндери 1^0 тук бурчка өтө алсыз - $10^{-9} H$ тартибиндеги эле күчтүн аракети менен бурулган.

Кулон бир заряддалган шарчаны дал өзүндөй заряддалбаган шарчага тийгизгенде биринчинин заряды ал экөөнө барабар бөлүнөрүн байкаган жана мындан шарчанын зарядын эки, үч ж. б. эсе өзгөртүү жолун аныктаган. Анын өлчөөлөрүнүн идеясы мына ушул жагдайды пайдаланууга негизделген. Кулондун тажрыйбаларында өздөрүнүн өлчөмдөрү алардын арасындагы аралыктан кыйла кичине болгон шарчалардын өз ара аракеттенишүү күчтөрү өлчөнгөн. Мындай заряддалган нерселерди *чекиттик заряддар* деп атоо кабыл алынган.

Чекиттик заряддар деп берилген маселенин шарттарында өлчөмдөрүн эсепке албай коюуга мүмкүн болгон заряддуу нерселерди айтышат.



1.2-сүрөт. Кулондун прибору.



1.3-сүрөт. Бирдей белгидеги жана түрдүү белгидеги заряддардын өз ара аракеттенишүү күчтөрү.

Көптөгөн тажрыйбалардын негизинде Кулон төмөнкү закону аныктаган:

Кыймылсыз заряддардын өз ара аракеттенишүү күчтөрү алардын ар биринин заряддарынын модулдарынын көбөйтүндүсүнө түз жана алардын арасындагы аралыктын квадратына тескери пропорциялаш:

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

Аракеттенишүү күчтөрү Ньютондун үчүнчү законуна баш ийет: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$. Заряддардын белгилери бирдей болгон учурда алар түртүшүү күчтөрү жана түрдүүчө белгиде болгондо - тартышуу күчтөрү мүнөзүнө ээ (1.3-сүрөт). Кыймылсыз электрдик заряддардын өз ара аракеттенишүүсүн *электростатикалык же кулондук аракеттенишүү* деп аташат. Электродинамиканын заряддардын кулондук аракеттенишүүсүн окуп үйрөнүүчү бөлүгүн *электростатика* деп аташат.

Кулондун закону чекиттик заряддар (нерселер) үчүн жарактуу. Заряддалган нерселердин өлчөмдөрү алардын арасындагы аралыктан кыйла кичине болгон учурларда да, иш жүзүндө, Кулондун закону жакшы аткарылат.

Кулондун законундагы k пропорциялаштык коэффициентинин мааниси бирдиктер системасын тандоого жараша болот. Эл аралык СИ системасында заряддын бирдиги үчүн *кулон* (Кл) кабыл алынган.

1Кулон – бул чоңдугу *1Аге* барабар ток өтүп жаткан өткөргүчтүн туурасынан кесилиши аркылуу *1с* ичинде агып өткөн заряд. Ток күчүнүн бирдиги (*ампер*) СИ системасында узундуктун,

убакыттын жана массанын бирдиктеринин катарындагы өлчөөнүн негизги бирдиги болуп эсептелет.

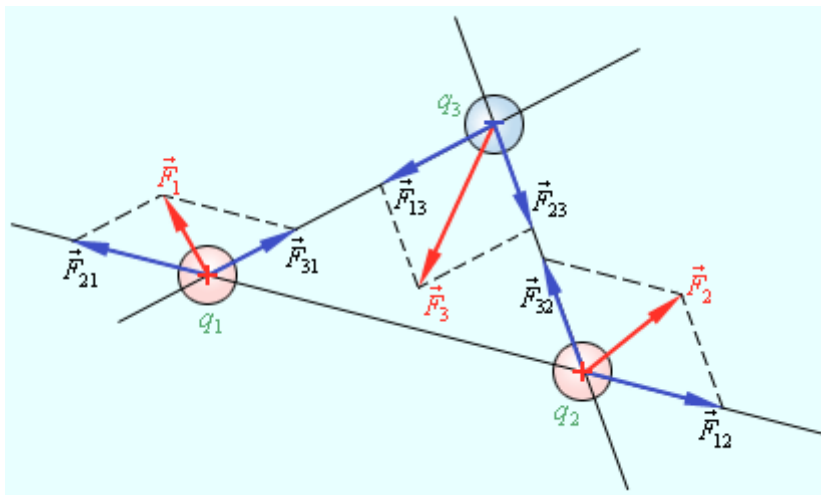
k коэффициентин СИ системасында адатта

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

көрүнүшүндө жазышат, мында $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}}$ - электрдик турактуулук. Тажрыйбалар кулондук аракеттенишүү күчтөрү суперпозиция принцибине баш ийишерин көрсөтөт:

Эгерде заряддалган нерсе бир убакта бир нече заряддалган нерселер менен аракеттенише, анда берилген нерсеге аракет этүүчү натыйжалоочу күч ага бардык башка заряддалган нерселер тарабынан аракет этүүчү күчтөрдүн вектордук суммасына барабар.

1.4-сүрөттө заряддалган үч нерсенин электростатикалык аракеттенишүүсүнүн мисалында суперпозиция принцибинин маңызы түшүндүрүлгөн.



1.4-сүрөт. Электростатикалык күчтөрдүн суперпозиция принциби

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}; \quad \vec{F}_2 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32}; \quad \vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}.$$

Электр талаасы

Азыркы көз караштар боюнча электрдик заряддар бири-бирине түздөн-түз аракет этишпейт. Ар бир заряддалган нерсе аны курчаган мейкиндикте *электр талаасын* түзөт. Ал талаа башка заряддалган нерселерге күчтүк аракет жасайт. Электр талаасынын башкы касиети – электрдик заряддарга кандайдыр бир күч менен аракет этүү. Мына ошентип, заряддалган нерселердин өз ара аракеттенишүүсү алардын бири-бирине түздөн-түз таасир этүүсүнүн натыйжасында эмес, ал заряддарды курчаган электр талаалары аркылуу ишке ашырылат.

Заряддалган нерсени курчаган электр талаасын *сынамык заряддын* - изилденүүчү заряддардын бөлүштүрүлүшүнө сезилерлик өзгөрүү киргизбей турган анчалык чоң эмес чекиттик заряддын жардамында изилдөөгө болот.

Электр талаасынын сандык чоңдугун аныктоо үчүн *электр талаасынын чыңалышы* деп аталган күчтүк мүнөздөмө киргизилет.

Электр талаасынын чыңалышы деп мейкиндиктин берилген чекитине жайгаштырылган сынамык оң зарядга талаанын аракет эткен күчүнүн ал заряддын чоңдугуна болгон катышына барабар физикалык чоңдукту айтышат:

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

Электр талаасынын чыңалышы – вектордук физикалык чоңдук. \vec{E} векторунун мейкиндиктин ар бир чекитиндеги багыты ошол чекитке жайгаштырылган сынамык оң зарядга аракет этүүчү күчтүн багытына дал келет.

Кыймылсыз жана убакыттын өтүшү менен өзгөрбөөчү заряддардын электр талаасы *электростатикалык талаа* деп аталат. Заряддалган бир нече нерселер түзгөн электр талаасы сынамык заряддын жардамында изилденгенде ага аракет этүүчү натыйжалоочу күч айрым заряддар өз-өзүнчө сынамак зарядка аракет эткен күчтөрдүн геометриялык суммасына барабар болот. Демек, *мейкиндиктин берилген чекитинде заряддардын системасы тарабынан түзүлгөн электр талаасынын чыңалышы айрым заряддардын өз-өзүнчө ошол эле чекитте түзгөн электр талааларынын чыңалыштарынын вектордук суммасына барабар:*

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$

Электр талаасынын бул касиети талаа *суперпозиция принцибине* баш иерин билдирет.

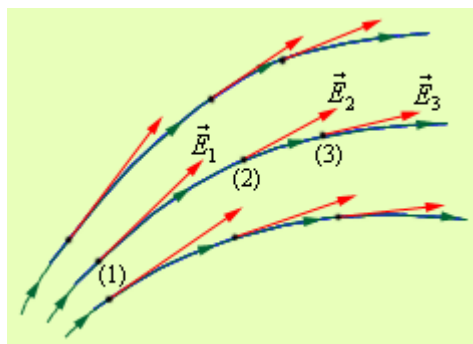
Кулондун законуна ылайык, Q чекиттик зарядынын андан r аралыгында түзгөн электростатикалык талаасынын чыңалышы, модулу боюнча

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}.$$

Бул талаа *кулондук талаа* деп аталат. Кулондук талаада \vec{E} векторунун багыты Q зарядынын белгисинен көз каранды. Эгерде $Q > 0$ болсо, анда \vec{E} вектору заряддан радиусту бойлото багытталат. Эгерде $Q < 0$ болсо, анда \vec{E} вектору зарядды көздөй багытталат.

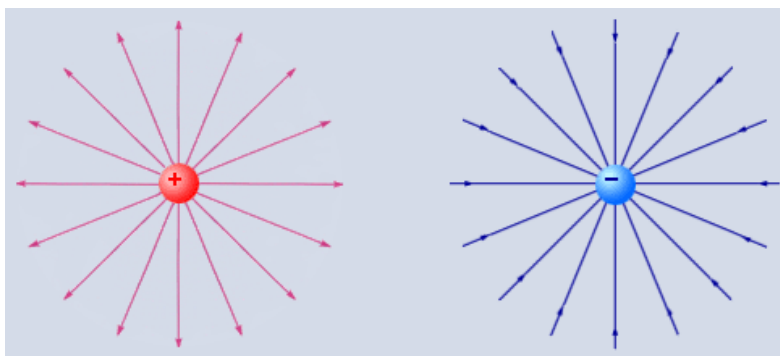
Электр талаасын көргөзмөлүү элестетүү үчүн *күч сызыктарын* пайдаланышат. Ал сызыктар аларга тургузулган жанымалардын багыты ошол чекиттердеги \vec{E} векторунун багыты менен дал келгендей кылып

чийилет (1.5-сүрөт). Электр талаасын сүрөттөөчү күч сызыктардын жыштыгы ал талаанын чыңалыш векторунун модулуна пропорциялаш болушу керек.



1.5-сүрөт. Электр талаасынын күч сызыктары.

Оң жана терс чекиттик заряддардын кулондук талааларынын күч сызыктары 1.6-сүрөттө көрсөтүлгөн. Заряддардын ар кандай системасы түзүүчү электростатикалык талаа чекиттик заряддардын кулондук талааларынын суперпозициясы көрүнүшүндө берилиши мүмкүн болгондуктан 1.6-сүрөттө көрсөтүлгөн талааларды ар кандай электростатикалык талаанын элементардык структуралык бирдиктери («кирпичтери») катары кароого болот.



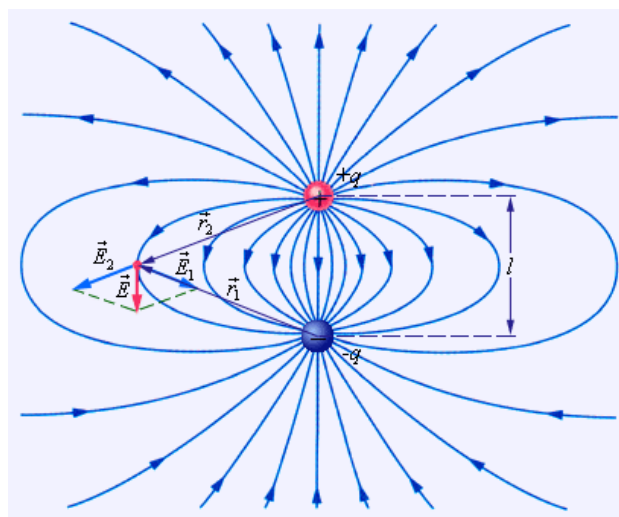
1.6 – сүрөт. Кулондук талаалардын күч сызыктары.

Q чекиттик зарядынын кулондук талаасын вектордук формада жазып алуу ыңгайлуу. Ал үчүн Q зарядынан байкоо чекитин көздөй \vec{r} радиус – векторун сызып алуу керек. Анда $Q > 0$ кезинде \vec{E} вектору \vec{r} ге жарыш, ал эми $Q < 0$ кезинде \vec{E} вектору \vec{r} ге карама – каршы багытталат. Демек, мындан

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^3} \vec{r}$$

деп жазууга болот, мында $r = |\vec{r}|$ радиус – векторунун модулу.

Талаалардын суперпозиция принцибинин колдонулушунун мисалы катарында 1.7 – сүрөттө *электрдик диполдун* – бири – биринен кандайдыр бир l аралыгында жайгашкан түрдүү белгидеги, модулдары боюнча бирдей эки q жана $-q$ заряддарынын системасынын талаасынын күч сызыктарынын көрүнүшү берилген.



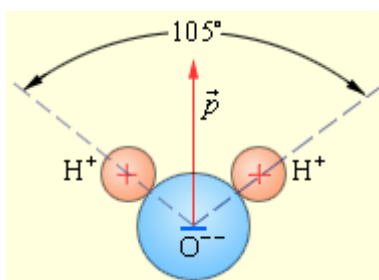
1.7 – сүрөт. Диполдун электр талаасынын күч сызыктары. $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Электрдик диполдун маанилүү мүнөздөмөсү болуп анын *диполдук моменти* \vec{p} эсептелет:

$$\vec{p} = \vec{l}q,$$

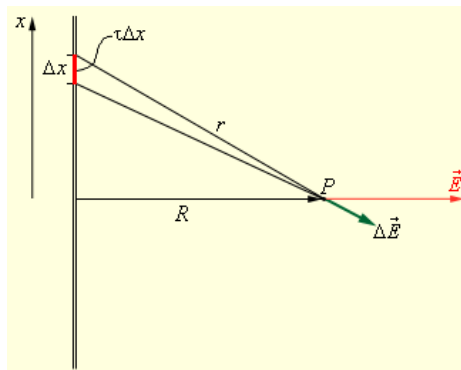
мында \vec{l} – терс заряддан оң зарядды көздөй багытталган вектор, анын модулу $|\vec{l}| = l$. Диполь көптөгөн молекулалардын электрдик модели катары кызмат кылышы мүмкүн.

Электрдик диполдук моментке, мисалы, суунун (H_2O) нейтралдуу молекуласы ээ. Анткени суутектин эки атомунун борборлору кычкылтектин атомунун борбору менен бир түз сызыкта эмес, 105° тук бурч түзүп жайгашышат (1.8 – сүрөт). Суунун молекуласынын диполдук моменти $p = 6,2 \cdot 10^{-30} \text{ Кл} \cdot \text{м}$



1.8 – сүрөт. Суунун молекуласынын диполдук моменти.

Электростатиканын көпчүлүк маселелеринде электр талаасынын \vec{E} чыңалышын заряддардын берилген бөлүштүрүлүшүнөн аныктоо талап кылынат. Мисалы, бир тектүү заряддалган узун жиптин (зымдын), андан R аралыгындагы электр талаасын табуу керек болсун дейли (1.9 – сүрөт).



1.9 – сүрөт. Заряддалган жиптин электр талаасы.

P байкоо чекитиндеги талаа жиптин заряды $\tau\Delta x$ болгон (мында τ – жиптин бирдик узундугунун заряды, б.а. заряддын сызыктуу тыгыздыгы) кичинекей Δx элементтери тарабынан түзүлгөн кулондук талаалардын суперпозициясы көрүнүшүндө каралышы мүмкүн. Бул учурда маселе элементардык $\Delta\vec{E}$ талааларын суммалоого (интегралдоого) келтирилет.

Анда натыйжалоочу талаа

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 R}.$$

\vec{E} вектору бардык чекиттерде \vec{R} радиусун бойлото багытталат. Бул маселенин симметриялуулугунан келип чыгат. Ушул жөнөкөй эле мисал заряддарынын бөлүштүрүлүшү белгилүү болгон нерселердин талаасын тикелей аныктоо татаал математикалык эсептөөлөргө алып келерин көрсөтөт. Айрым учурларда электр талаасынын фундаменталдык касиетин туюнткан *Гаусстун теоремасынан* пайдалануу менен мындай эсептөөлөрдү бир кыйла жөнөкөйлөтүүгө болот.

Электр талаасынын энергиясы

Тажрыйбалар заряддалган конденсатор кандайдыр бир энергияга ээ болорун көрсөтөт.

Заряддалган конденсатордун энергиясы аны заряддоо үчүн сырткы күчтөрдүн аткарган жумушуна барабар.

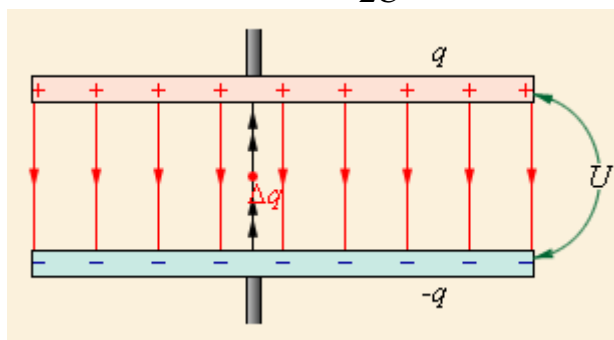
Конденсаторду заряддоо процессин анын бир канатынан экинчисине зарядды жетишерлик кичине $\Delta q > 0$ өлчөмдө удаалаш ташуу катары элестетүүгө болот (1.10-сүрөт). Бул учурда конденсатордун бир канаты акырындык менен оң, ал эми башкасы - терс заряддалат. Заряддын ар бир порциясы конденсатордун канаттары кандайдыр бир q зарядына ээ болуп, алардын арасындагы чыңалуу $U = \frac{q}{C}$ болгон шартта ташылгандыктан, анын ар бир жаңы Δq порциясын ташып өткөрүү үчүн сырткы күчтөр

$$\Delta A = U \Delta q = \frac{q \Delta q}{C}$$

жумушун аткарышы керек.

Сыйымдуулугу C жана Q зарядына ээ болгон конденсатордун энергиясы $W_э$ жогорудагы туюнтманы 0 дөн Q га чейин интегралдоо жолу менен табылышы мүмкүн

$$W_э = A = \frac{Q^2}{2C}.$$



1.10-сүрөт. Конденсаторду заряддоо процесси.

Заряддалган конденсатордун энергиясын туюнтуучу формуланы $Q = CU$ катышынын жардамында башка, тең күчтүү формага өзгөртүп жазууга болот:

$$W_э = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{QU}{2}.$$

$W_э$ электр энергиясын заряддалган конденсатордо топтолгон потенциалдык энергия катары кароо керек. $W_э$ нин формуласы деформацияланган пружинанын потенциалдык энергиясынын формуласына окшош :

$$E_p = \frac{kx^2}{2} = \frac{F^2}{2k} = \frac{F \cdot x}{2},$$

мында k – пружинанын катуулугу, x – деформация, $F = kx$ – сырткы күч.

Азыркы көз караштар боюнча конденсатордун электр энергиясы анын канаттарынын арасындагы мейкиндикте, б.а. электр талаасында топтолот. Ошондуктан аны *электр талаасынын энергиясы* деп аташат. Муну заряддалган жалпак конденсатордун мисалында оңой эле көрсөтүүгө болот.

Жалпак конденсатордун бир тектүү талаасынын чыңалышы $E = U/d$, ал эми анын сыйымдуулугу $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$.

Ошондуктан

$$W_{\text{э}} = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon\epsilon_0 SE^2 d^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} V,$$

мында $V = Sd$ – канаттардын арасындагы электр талаасы ээлеген мейкиндиктин көлөмү. Бул катнаштан

$$\omega_{\text{э}} = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}$$

физикалык чоңдугу электр талаасы түзүлгөн мейкиндиктин бирдик көлөмүнүн электрдик (потенциалдык) энергиясы экендигин көрүүгө болот. Аны *электр энергиясынын көлөмдүк тыгыздыгы* деп аташат.

Электрдик заряддардын мейкиндикте каалагандай бөлүштүрүлүшүнүн натыйжасында түзүлгөн талаанын энергиясы энергиянын $\omega_{\text{э}}$ көлөмдүк тыгыздыгын электр талаасы тараган бардык көлөм боюнча интегралдоо жолу менен табылышы мүмкүн.

Иштин тапшырмалары

1. Суроолор

1. Эгерде оң электр зарядынын талаасына модулу боюнча ага тең оң заряд киргизилсе, анда ал заряддарды туташтыруучу кесиндинин ортосундагы чекитте талаанын чыңалышы.....

Жообу:

- *4 эсеге көбөйөт*
- *нөлгө айланат*
- *2 эсеге көбөйөт*
- *2 эсеге азаят*
- *4 эсеге азаят.*

2. Эгерде эки заряддын ортосундагы аралыкты өзгөртпөй туруп, анын биринчисинин зарядынын үчтөн эки бөлүгүн экинчисине өткөрсө, алардын кулондук түртүшүү күчү канча эсеге өзгөрөт?

Жообу:

- *өзгөрбөйт*
- *2 эсеге азаят*
- *2 эсеге көбөйөт*
- *1,8 эсеге азаят*
- *1,8 эсеге көбөйөт.*

3. Бирдей белгидеги $q_1 = 10 \text{ мкКл}$ жана $q_2 = 2 \text{ мкКл}$ заряддарына ээ болгон эки бирдей шар бири биринен 2 м аралыкта жайгашкан. Шарларды өткөргүчтүн жардамында кыска убакытка туташтыргандан кийин кулондук аракеттенишүү күчү кандай өзгөрөт?

Жообу:

- *өзгөрбөйт*
- *2 эсеге азаят*
- *2 эсеге көбөйөт*
- *1,8 эсеге азаят*
- *1,8 эсеге көбөйөт.*

4. Бирдей белгидеги $q_1 = 10 \text{ мкКл}$ жана $q_2 = 2 \text{ мкКл}$ заряддарына ээ болгон эки бирдей шар бири-биринен 2 м аралыкта жайгашкан. Экинчи шарды биринчисин көздөй 1 м ге жакындатканда кулондук аракеттенишүү күчү кандай өзгөрөт?

Жообу:

- *өзгөрбөйт*
- *2 эсеге азаят*
- *2 эсеге көбөйөт*
- *4 эсеге көбөйөт*
- *4 эсеге азаят.*

5. Эгерде эки заряддын арасындагы аралыкты өзгөртпөй туруп, алардын ар биринин заряддарын 4 эсеге көбөйтсө, кулондук түртүшүү күчү канча эсеге өзгөрөт?

Жообу:

- *4 эсеге көбөйөт*
- *4 эсеге азаят*
- *16 эсеге көбөйөт*
- *16 эсеге азаят*
- *8 эсеге көбөйөт.*

2. Маселелер

1. Чоңдуктары $q_1 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ жана $q_3 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ болгон чекиттик эки заряд бири-биринен 3 м аралыкта жайгашкан, ал эми чоңдугу $q_2 = -10 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ болгон зарядды ал эки зарядды туташтыруучу кесиндинин ортосуна жайгаштырышты. Экинчи зарядка аракет этүүчү күчтөрдүн чоңдугун жана багытын аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

$$\text{Жообу: } F_{12} = \text{_____ Н}, \quad F_{32} = \text{_____ Н}.$$

2. $q_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ жана $q_3 = 10 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ заряддары бири-биринен 300 см аралыкта жайгашышкан. q_3 төн 150 см жана биринчи заряддан 226 см аралыкта $q_2 = -10 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ заряды турат. Экинчи зарядка аракет этүүчү күчтөрдүн чоңдугун жана багытын аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

$$\text{Жообу: } F_{12} = \text{_____ Н}, \quad F_{32} = \text{_____ Н}.$$

3. Вакуумда бири-биринен 100 см аралыкта турушкан жана өз ара $5,8 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$ күчү менен аракеттенишүүчү бирдей заряддалган эки нерсенин зарядынын чоңдугун аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

$$\text{Жообу: } q = \text{_____ Кл}.$$

4. $q_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ заряды жана андан модулу боюнча 4 эсе чоң экинчи заряд бири-биринен 200 см аралыкта жайгашкан. Эгерде бул эки зарядды туташтырган кесиндинин ортосуна үчүнчү, $q_3 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ болгон, зарядды жайгаштырсак, анда экинчи зарядга биринчи жана үчүнчү заряддар тарабынан аракет этишкен күчтөр канчага барабар болушат?

$$\text{Жообу: } F_{12} = \text{_____ Н}, \quad F_{32} = \text{_____ Н}.$$

3. Эксперименттер

1. Чекиттик заряддын электр талаасынын чыңалышынын аралыктан көз карандылыгын изилдегиле. Эксперименттин натыйжаларын пайдаланып $E(r)$ көз карандылыгынын графиктерин чийгиле жана чекиттик заряддын электр талаасынын мейкиндикте бөлүштүрүлүшүнүн өзгөчөлүктөрү жөнүндө тиешелүү тыянактарды чыгаргыла.

2. Электрдик диполдун электр талаасынын чыңалышынын аралыктан көз карандылыгын изилдегиле. Эксперименттин натыйжаларын пайдаланып $E(r)$ көз карандылыгынын графиктерин чийгиле. Электрдик диполдун жана чекиттик заряддын электр талааларынын мейкиндикте бөлүштүрүлүштөрүн өз ара салыштырып, алардын бири-биринен айырмаланышынын себептерин түшүндүргүлө.

Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун тартиби

1. Окуу китептерин, иштин баяндамасын пайдаланып ишке керектүү теориялык материал менен таанышкыла жана дептериңерге кыскача конспект түзгүлө.

2. Иштин тапшырмаларындагы суроолордун туура жоопторун тандап 1.1-таблицанын жана, маселелерди чыгарып, 1.2-таблицанын «Алдын ала эсептегенде» бөлүгүнүн «упайга» чейинки графаларын толтургула.

3. Виртуалдык лабораториялык ишти аткарууга даярдагыла. Ал үчүн «Открытая физика 2.5.» (часть 2) окутуучу компьютердик программасынан «Лабораторная работа 1.1. Взаимодействие точечных зарядов» темасын ачкыла. Сүрөттү көңүл коюп карап, бардык жөнгө салгычтарды, ж.б. негизги элементтерди тапкыла, чоңдуктардын маанилеринин өзгөрүү интервалдарын аныктап алгыла.

The screenshot shows a web-based virtual laboratory interface. The main window displays a diagram of three point charges, q_1 , q_2 , and q_3 , arranged in a triangle. Vectors representing forces F_{ij} and distances r_{ij} are shown between the charges. Below the diagram, there are input fields for the charges and distances:

$q_1 = 5.0 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$	$r_{12} = 97 \text{ см}$	$F_{12} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$
$q_2 = 2.0 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$	$r_{23} = 207 \text{ см}$	$F_{23} = -1 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$
$q_3 = -3.0 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$	$r_{31} = 160 \text{ см}$	$F_{31} = -5 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$

To the right of the diagram, there is a question section titled "Вопрос №1" with the following text: "Если в поле положительного электрического заряда вносится равный ему по модулю положительный заряд, то напряженность поля в точке на середине отрезка, соединяющего заряды,". Below this text are five radio button options:

- увеличится в 4 раза
- обратится в нуль
- увеличится в 2 раза
- уменьшится в 2 раза
- уменьшится в 4 раза

At the bottom of the question section, there is a "ПРОВЕРИТЬ" button and a list of questions and tasks for laboratory work.

Компьютердик модель электр талааларынын суперпозиция принцибин чагылдырып көрсөтөт. Үч чекиттик заряддын системасындагы ар бир эки заряд бири-бири менен, үчүнчү заряддын бар же жоктугунан көз карандысыз, Кулондун закону боюнча өз ара аракеттенишет. Бардык үч заряддын чоңдуктарын жана белгилерин, ошондой эле алардын ортосундагы аралыктарды өзгөртүүгө болот. Заряддарды жылдыруу тандалган зарядга курсорду коюу жана чычкандын сол клавишасын басып кыймылдатуу аркылуу ишке ашырылат. Дисплейде заряддардын арасындагы аралыктардын жана алардын өз ара аракеттенишүү күчтөрүнүн маанилери көрсөтүлөт. Аракеттенишүү күчтөрүнүн оң маанилерине заряддалган бөлүкчөлөрдүн өз ара түртүшүүсү, терс маанилерине – тартышуусу туура келет.

4. Экрандын оң тарабындагы программаны пайдаланып лабораториялык иштин суроолорунун тандалган жоопторунун (1.1-таблица) жана маселелердин чыгарылышынын (1.2-таблица) тууралыгын кезеги менен текшергиле. Таблицаалардын «Алдын ала эсептегенде. Упай» графасын, жообуңар туура болсо - 1, ката болсо – 0 упай коюп, толтургула.

Суроолордун жооптору

1.1-таблица

Суроо	<i>Алдын - ала эсептегенде</i>				<i>Виртуалдык экспериментте</i>		<i>Орточо упай</i>
	<i>таяныч формула</i>	<i>жумушчу формула</i>	<i>жообу</i>	<i>упай</i>	<i>жообу</i>	<i>упай</i>	
1							
2							
3							
4							
5							
<i>Жалпы упай:</i>							

5. Экрандын сол тарабындагы моделди пайдаланып, кезеги менен иштеги ар бир суроонун жана маселенин шартындагы жагдай так аткарылгандай кылып виртуалдык эксперимент жүргүзгүлө. Процессти моделдештирүү үчүн чоңдуктардын суроолордун же маселелердин шартындагы тиешелүү маанилеринен пайдалангыла. Ар бир эксперименттин натыйжасын таблицалардын «Виртуалдык экспериментте. Жообу» графасына, ал эми аларды текшерүүнүн натыйжасын «упай» графасына (*1 же 0*) жазгыла.

Маселелердин жооптору

1.2-таблица

Маселе	Алдын - ала эсептегенде				Виртуалдык экспериментте		Орточо упай
	таяныч формула	жумушчу формула	жообу	упай	жообу	упай	
1							
2							
3							
4							
<i>Жалпы упай:</i>							

6. Суроолор жана маселелер боюнча орточо жана жалпы упайларды эсептеп, тиешелүү графаларды толтургула.

7. Эгерде айрым суроолордун же маселелердин жооптору ката болуп калса, анын себептерин талдагыла. Туура жоопторду аныктап, түшүнүүгө жана эстеп калууга аракеттенгиле.

8. Програмадагы моделди пайдаланып, иштин тапшырмаларындагы эксперименттерди жүргүзгүлө жана тиешелүү тыянактарды жасагыла.

8.1. Чекиттик заряддын, мисалы, $q = q_1$ зарядынын электр талаасын изилдөө үчүн, моделде үчүнчү зарядды жок ($q_3 = 0$) деп эсептеп, экинчини сынамык заряд катары $q_2 = q_c$ пайдаланууга болот. Чекиттик заряд сферикалык симметриядагы талааны түзөрүн эске алуу менен, каалаган багыт боюнча аралыкты өзгөртүп, $E(r)$ көз карандылыгы изилденет. Талаанын ар бир чекитиндеги чыңалыштын чоңдугу ал чекитке жайгаштырылган сынамык зарядка аракет эткен күчтүн чоңдугу аркылуу аныкталат. Экспериментти $q = q_1$ зарядынын түрдүү үч маанилери үчүн кайталап жүргүзгүлө жана натыйжаларын 1.3-таблицага түшүргүлө.

Чекиттик заряддын электр талаасынын чыңалышынын аралыктан көз карандылыгы ($q_3 = 0, q_c =$ 1. $q' =$ 2. $q'' =$ 3. $q''' =$)

1.3-таблица

$r, \text{см}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300
$E' \text{ (В/м)}$														
$E'' \text{ (В/м)}$														
$E''' \text{ (В/м)}$														

8.2. Электрдик диполдун электр талаасын изилдөө үчүн, мисалы, $|q_1| = |q_2|$ заряддарынан электрдик диполь ($\vec{p} = q\vec{l}$) түзгүлө жана q_3 тү сынамык заряд катары пайдаланып, диполдун огуна перпендикуляр багыттагы анын электр талаасынын чыңалышынын бөлүштүрүлүшүн аныктагыла. Экспериментти түрдүүчө диполдор үчүн кайталап жүргүзгүлө жана натыйжаларын 1.4-таблицага түшүргүлө.

Электрдик диполдун электр талаасынын чыңалышынын аралыктан көз карандылыгы ($q_c =$, 1. $p' =$ 2. $p'' =$ 3. $p''' =$)

1.4-таблица

$r, \text{см}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300
$E' \text{ (V)}$														
$E'' \text{ (V)}$														
$E''' \text{ (V)}$														

9. 1.3–1.4-таблицаалардагы маалыматтарды пайдаланып чекиттик заряд жана электрдик диполь үчүн $E(r)$ көз карандылыгынын графиктерин чийгиле жана ал ийрилердин өзгөчөлүктөрүн, бири-биринен айырмаланышынын себептерин түшүндүргүлө.

Билимди текшерүү үчүн суроолор

1. Электрдик заряддын аныктамасын жана анын негизги касиеттерин айтып бергиле.
2. Нерселердин электрдик зарядынын дискреттүүлүгүн кандайча түшүнөсүңөр? Элементардык заряд деген эмне?
3. Нерселерди «заряддоонун» жана «зарядсыздандыруунун» (разряддоонун) жолдорун айтып бергиле. Нерселерди заряддап же разряддап жатканда заряддын сакталуу закону аткарылабы?
4. Кулон кыймылсыз чекиттик заряддардын өз ара аракеттенишүү күчтөрүнүн модулу кантип өлчөгөн?
5. Нерсенин зарядын 1 Кл го жеткирүү үчүн анда канча даана оң ион түзүү керек?
6. Электромметр менен нерсенин зарядынын чоңдугун кантип өлчөшөт? Анын жебеси бурулуп токтогон абал эмнени түшүндүрөт?
7. Күчтөрдүн суперпозиция принцибин түшүндүргүлө.

2. ТУРАКТУУ ТОКТУН ЧЫНЖЫРЛАРЫ

Иштин максаты:

- Турактуу токтун чынжырларын компьютердик моделдештирүүнү өздөштүрүү.
- Омдун жана Кирхгофтун закондорун эксперименталдык тастыктоо.
- Резисторлорду чынжырга удаалаш жана жарыш туташтыруунун өзгөчөлүктөрүн үйрөнүү.

Иштин кыскача теориясы

Электр тогу. Омдун закону

Изоляцияланган өткөргүчтү \vec{E} электр талаасына жайгаштырган учурда өткөргүчтөгү эркин q заряддарга $\vec{F} = q\vec{E}$ күчү аракет этет. Натыйжада өткөргүчтө эркин заряддардын кыска убакыттык жылышуусу пайда болот. Бул процесс өткөргүчтүн бетине чыгып жайгашып жаткан заряддардын өздүк электр талаасы өсүп отуруп, сырткы талаага теңелгенде токтойт. Өткөргүчтүн ичиндеги жалпы электростатикалык талаанын чыңалышы нөлгө барабар.

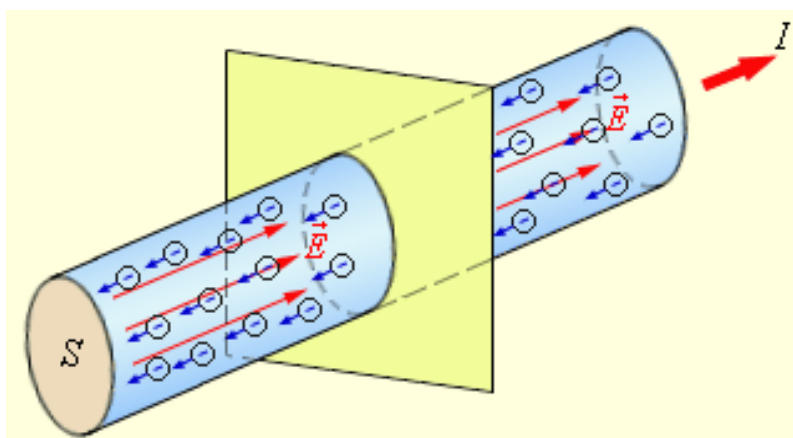
Бирок, белгилүү бир шарттарда өткөргүчтөрдө электрдик зарядга ээ болгон эркин бөлүкчөлөр үзгүлтүксүз иреттелген кыймылга келиши мүмкүн. Мындай кыймыл *электрдик ток* (же *электр тогу*) деп аталат. Электр тогунун багыты үчүн оң эркин заряддардын кыймылынын багыты кабыл алынган. Өткөргүч аркылуу электр тогу өтүп турсун үчүн анда электр талаасын түзүү зарыл.

Электр тогунун сандык ченеми болуп *ток күчү* (I) эсептелет.

Ток күчү - өткөргүчтүн туурасынан кесилиши аркылуу убакыттын Δt интервалы ичинде агып өткөн Δq зарядынын убакыттын бул интервалына болгон катышына барабар скалярдык физикалык чоңдук (2.1-сүрөт):

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

Эгерде токтун күчү жана анын багыты убакыттын өтүшү менен өзгөрбөсө, анда мындай ток *турактуу ток* деп аталат.



2.1-сүрөт. *Металл өткөргүчүндөгү электрондордун иреттүү кыймылы жана ток (I). S - өткөргүчтүн туура кесилишинин аянты, \vec{E} - электр талаасы.*

Бирдиктердин Эл аралык СИ системасында ток күчү *амперлерде* (A) өлчөнөт. Ток күчүнүн чен бирдиги $1A$ тогу бар жарыш өткөргүчтүн магниттик аракеттенишүүлөрү боюнча аныкталат.

Турактуу электр тогу эркин зарядды алып жүрүүчүлөр туюк траекториялар боюнча айланып ага ала тургандай туюк чынжырларда гана пайда болушу мүмкүн. Мындай чынжырдын түрдүү чекиттериндеги электр талаасы убакыттын өтүшү менен өзгөрбөйт. Демек, турактуу токтун чынжырындагы электр талаасы «тондурулган» электростатикалык талаанын мүнөзүнө ээ. Бирок, электр заряддын электростатикалык талаада туюк контур боюнча которууда электрдик күчтөр жумуш аткарбайт. Ошондуктан турактуу токтун болушу үчүн электр чынжырында электростатикалык эмес табиятка ээ болгон күчтөрдүн жумушунун эсебинен чынжырдын бөлүктөрүндө потенциалдар айырмасын түзүп жана кармап тура алуучу түзүлүштүн болушу зарыл. Мындай түзүлүштөр *турактуу токтун булактары* деп аталышат. Ток булагы тарабынан эркин зарядды алып жүрүүчүлөргө аракет этүүчү электростатикалык табиятка ээ болбогон күчтөр *бөтөн күчтөр* деп аталышат.

Бөтөн күчтөрдүн табияты ар түрдүү болушу мүмкүн. Гальваникалык элементтерде же аккумуляторлордо алар электрохимиялык процесстердин натыйжасында пайда болушат, турактуу токтун генераторлорунда бөтөн күчтөр өткөргүчтөр магнит талаасында кыймылга келген кезде пайда болушат. Электр чынжырындагы токтун булагы туюк гидравликалык системада суюктукту айдап берүүчү насос сыяктуу эле ролду ойнойт. Бөтөн күчтөрдүн аракети менен электр заряддары ток булагынын ичинде электростатикалык талаанын күчтөрүнө каршы кыймылга келет, ушул себептен туюк чынжырда турактуу ток үзгүлтүксүз кармалып турат.

Турактуу токтун чынжырын бойлото электр заряддарын которууда ток булактарынын ичинде аракет этүүчү бөтөн күчтөр жумуш аткарышат.

q заряддын ток булагынын терс уюлунан оң уюлуна которууда бөтөн күчтөрдүн аткарган $A_{\text{бom}}$ жумушунун бул заряддын чоңдугуна болгон катышына барабар физикалык чоңдук ток булагынын *электр кыймылдаткыч күчү (ЭКК)* деп аталат:

$$\text{ЭКК} = \mathcal{E} = \frac{A_{\text{бom}}}{q}.$$

Мына ошентип, ЭКК бөтөн күчтөрдүн бирдик оң зарядды которуу кезинде аткарган жумушу аркылуу аныкталат. Электр кыймылдаткыч күчү, потенциалдар айырмасы сыяктуу эле, *вольттордо (В)* өлчөнөт.

Турактуу токтун туюк чынжырын бойлото бирдик оң зарядды которууда бөтөн күчтөрдүн аткарган жумушу бул чынжырда аракеттенүүчү ЭККлардын суммасына барабар, ал эми электростатикалык талаанын жумушу нөлгө тең.

Турактуу токтун чынжырын айрым бөлүктөргө бөлүп кароого болот. Чынжырдын бөтөн күчтөр аракет этпеген бөлүктөрү (б.а. токтуу булагын камтыбаган бөлүктөрү) *бир тектүү* деп аталышат. Ток булагын өз ичине камтыган бөлүктөрү *бир тектүү эмес* деп аталышат.

Бирдик оң зарядды чынжырдын кайсы бир бөлүгүндө которгондо электростатикалык (кулондук) күчтөр да, бөтөн күчтөр да жумуш аткарышат. Электростатикалык күчтөрдүн жумушу чынжырдын бир тектүү эмес бөлүгүнүн баштапкы (1) жана акыркы (2) чекиттериндеги потенциалдардын айырмасына барабар: $\Delta\varphi_{12} = \varphi_1 - \varphi_2$. Бөтөн күчтөрдүн жумушу, аныктоо боюнча, ушул бөлүктө аракеттенүүчү \mathcal{E}_{12} электр кыймылдаткыч күчүнө барабар. Ошондуктан толук жумуш

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{12}.$$

U_{12} чоңдугун чынжырдын 1-2 бөлүгүндөгү *чыңалуу* деп атоо кабыл алынган. Чынжырдын бир тектүү бөлүгүндөгү чыңалуу потенциалдардын айырмасына барабар:

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Немец физиги **Г.Ом 1826-жылы** бир тектүү металл өткөргүчү (б.а. ичинде бөтөн күчтөр аракет этпеген өткөргүч) аркылуу өтүп жаткан токтуу күчү I өткөргүчтүн учтарындагы чыңалууга (U) пропорциялаш болорун тажрыйба жүзүндө аныктаган:

$$I = \frac{1}{R}U \quad \text{же} \quad RI = U,$$

мында $R = \text{const}$.

R чоңдугун *электрдик каршылык* деп атоо кабыл алынган. Электр каршылыгына ээ болгон өткөргүч *резистор* деп аталат. Жогорудагы катыш чынжырдын бир тектүү бөлүгү үчүн Омдун законун туюнтат: **өткөргүчтөгү токтун күчү ага берилген чыңалууга түз жана өткөргүчтүн каршылыгына тескери пропорциялаш.**

СИ системасында өткөргүчтөрдүн электрдик каршылыгынын бирдиги – ом (*Ом*). 1Ом үчүн чынжырдын 1В тук чыңалууда чоңдугу 1Аге болгон ток өтүүчү бөлүгүнүн каршылыгы кабыл алынган.

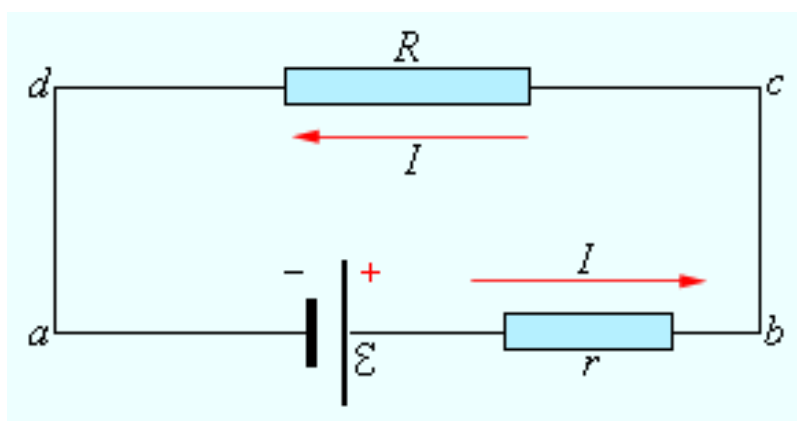
Омдун законуна баш ийүүчү өткөргүчтөр *сызыктуу өткөргүчтөр* деп аталышат. Ток күчүнүн чыңалуудан көз карандылыгынын графиги $I(U)$ (мындай графиктер *вольт-ампердик мүнөздөмөлөр*, кыскача ВАМ, деп аталышат) координата башталышы аркылуу өтүүчү түз сызык көрүнүшүндө болот. Омдун законуна баш ийбеген көптөгөн материалдар жана түзүлүштөр, мисалы, жарым өткөргүчтүк диод же газоразряддык лампа, бар экендигин белгилей кетүү зарыл. Металл өткөргүчтөрүндө да өтө чоң ток өткөндө Омдун сызыктуу законунан четтөөлөр байкалат, анткени температуранын жогорулашы менен металл өткөргүчтөрүнүн электрдик каршылыгы да кошо өсөт.

Чынжырдын ЭККны камтыган бөлүгү үчүн Омдун закону төмөнкүдөй формада жазылат:

$$IR = U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E} = \Delta\varphi_{12} + \mathcal{E} .$$

Бул катышты *Омдун жалпыланган закону* деп атоо кабыл алынган.

2.2-сүрөттө турактуу токтун туюк чынжыры көрсөтүлгөн. Чынжырдын (*cd*) бөлүгү бир тектүү болуп эсептелет.



2.2-сүрөт. Турактуу токтун чынжыры

Омдун закону боюнча

$$IR = \Delta\varphi_{cd} .$$

Чынжырдын (*ab*) бөлүгү ЭККсы \mathcal{E} го барабар ток булагын өз ичине камтыйт.

Омдун закону боюнча бул бир тектүү эмес бөлүктө

$$Ir = \Delta\varphi_{a\bar{b}} + \mathcal{E}.$$

Жогорудагы эки барабардыкты өз ара кошуп

$$I(R+r) = \Delta\varphi_{cd} + \Delta\varphi_{ab} + \mathcal{E}$$

ээ болобуз. Бирок

$$\Delta\varphi_{cd} = \Delta\varphi_{ba} = -\Delta\varphi_{ab}.$$

Ошондуктан

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

Бул формула *толук чынжыр үчүн Омдун законун* туюнтат: **Толук чынжырдагы токтун күчү чынжырдын бир тектүү жана бир тектүү эмес бөлүктөрүнүн каршылыктарынын суммасына бөлүнгөн ток булагынын электр кыймылдаткыч күчүнө барабар.**

2.2-сүрөттөгү бир тектүү эмес бөлүктүн каршылыгын (r) ток булагынын *ички каршылыгы* катары кароого болот. Бул учурда чынжырдын (ab) бөлүгү ток булагынын ички бөлүгү болуп эсептелет. Адатта электрдик схемаларда ток булагынын ички каршылыгы өзүнчө бөлүнүп көрсөтүлбөйт. Эгерде чынжырдын a жана b чекиттерин каршылыгы ток булагынын ички каршылыгына караганда кыйла аз болгон ($R \ll r$) өткөргүч аркылуу туташтырсак, анда чынжырда чукул туташуунун тогу өтөт:

$$I_{\text{чм}} = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

Чукул туташуу тогунун күчү - электр кыймылдаткыч күчү \mathcal{E} жана ички каршылыгы r болгон ток булагынан алууга мүмкүн болгон токтун күчүнүн эң чоң мааниси. Ички каршылыгы аз болгон ток булактарында чукул туташуунун тогу өтө чоң маанилерге жетет. Натыйжада ал ток электр чынжырын же ток булагын талкалашы (үзүшү) мүмкүн. Мисалы, автомобилдерде колдонулуучу коргошундук аккумуляторлордун уюлдары чукул туташтырылгандагы ток күчү бир нече жүз амперге чейин жетип барат. Подстанциялардан азыктанган жарыктандыруучу чынжырлардагы чукул туташуу токтору (миңдеген ампер) өзгөчө коркунучтуу. Мындай чоң токтордун талкалоочу таасиринен сактануу үчүн чынжырга *сактагычтарды* же чынжырларды коргоочу атайын автоматтарды кошуп улашат.

Айрым учурларда чукул туташуу тогунун күчүн коркунучтуу маанилерге жеткирбөө үчүн ток булагына кандайдыр бир сырткы балластык каршылыкты кошуп улашат. Анда r каршылыгы ток

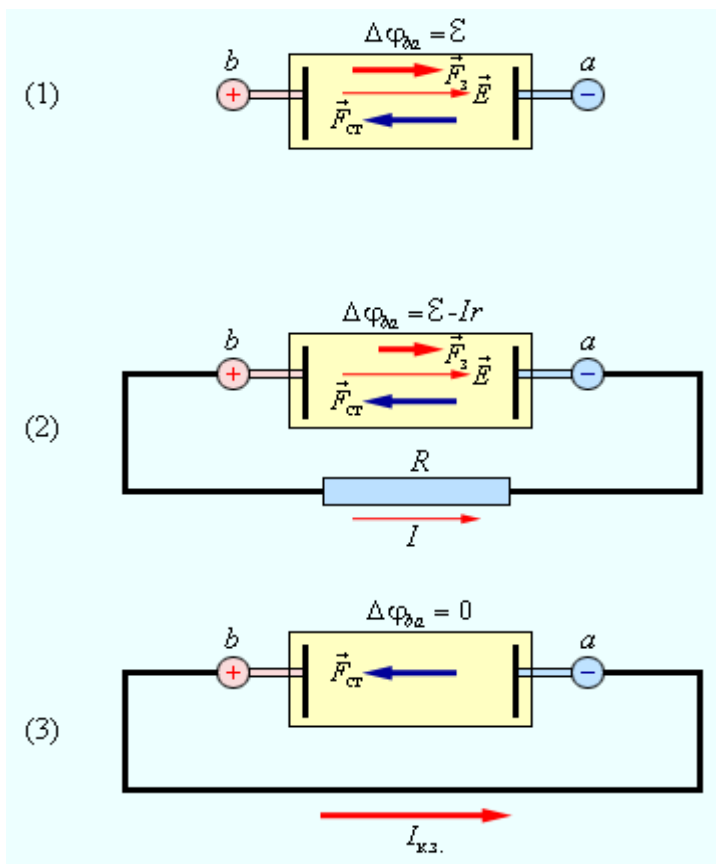
булагынын ички каршылыгынын жана сырткы балластык каршылыктын суммасына барабар.

Эгерде чынжырдын сырткы бөлүгү ажыратылса, анда $\Delta\varphi_{ba} = -\Delta\varphi_{ab} = \mathcal{E}$, б.а. чынжырга кошулбаган батареянын полюстарындагы (уюлдарындагы) потенциалдардын айырмасы анын ЭККсына барабар.

Эгерде чынжырга сырткы R каршылыгы кошулуп (жүктөлүп), батарея аркылуу I тогу өтүп жатса, анда анын уюлдарындагы потенциалдар айырмасы

$$\Delta\varphi_{ba} = \mathcal{E} - Ir$$

болот. 2.3-сүрөттө ЭККсы \mathcal{E} жана ички каршылыгы r болгон турактуу токтуу булагынын үч режимдеги абалы схемалык түрдө көрсөтүлгөн: «бош жүрүш», жүктөмө (каршылык, керектөөчү) аркылуу жумуш жана чукул туташуу (к.з.- короткое замыкание) режими. Батареянын ичиндеги электр талаасынын чыңалышы \vec{E} , жана оң зарядга аракет этүүчү күчтөр: F_e -электрдик күч жана F_{cm} -бөтөн күч – көрсөтүлгөн. Чукул туташуу режиминде батареянын ичиндеги электр талаасы жоголот.



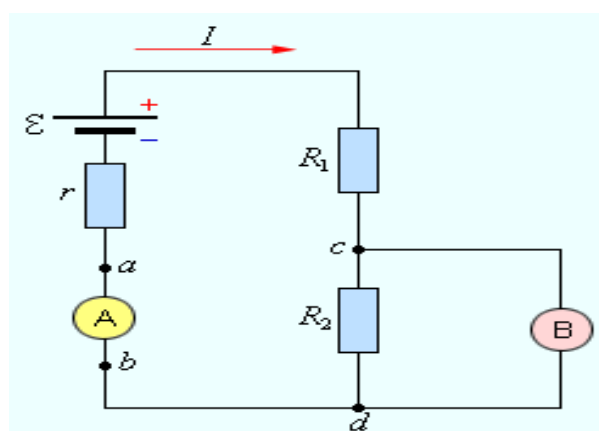
2.3-сүрөт. Турактуу токтуу булагынын схемалык сүрөттөлүшү: 1-батарея ажыратылган; 2-батарея сырткы R каршылыгына туташтырылган; 3-чукул туташуу режими.

Электр чынжырларындагы чыңалууларды жана токторду өлчөө үчүн атайын приборлор – *вольтметрлер* жана *амперметрлер* колдонулат.

Вольтметр анын клеммалары кошулуучу чекиттердеги потенциалдардын айырмасын өлчөөгө арналган. Ал чынжырдын потенциалдарынын айырмасы өлчөнө турган бөлүгүнө жарыш кошулат. Ар кандай вольтметр кандайдыр бир R_B ички каршылыгына ээ. Чынжырга кошулганда андагы токтордун агымын сезилэрлик өзгөртүп жибербесин үчүн вольтметрдин ички каршылыгы чынжырдын ал кошулган бөлүгүнүн каршылыгынан кыйла чоң болушу зарыл. 2.4-сүрөттө көрсөтүлгөн чынжыр үчүн бул шарт $R_B \gg R_2$ көрүнүшүндө жазылат. Бул шарт вольтметр аркылуу өтүүчү токтун күчү $I_B = \frac{\Delta\varphi_{cd}}{R_B}$ чынжырдын потенциалдар айырмасы өлчөнүүчү бөлүгү аркылуу өтүүчү $I = \frac{\Delta\varphi_{cd}}{R_2}$ тогунан кыйла кичине дегенди билдирет.

Вольтметрдин ичинде бөтөн күчтөр аракеттенбегендиктен, аныктоо боюнча, анын клеммаларындагы потенциалдар айырмасы чыңалууга дал келет. Ошондуктан, вольтметр чыңалууну өлчөйт деп айтууга болот.

Амперметр чынжырдагы токтун күчүн өлчөөгө арналган. Амперметр чынжырды үзүү менен, бардык өлчөнүүчү ток ал аркылуу өткөндөй, удаалаш туташтырылат. Амперметр да кандайдыр бир ички R_A каршылыгына ээ. Вольтметрден айырмаланып, амперметрдин ички каршылыгы жалпы чынжырдын толук каршылыгына караганда кыйла кичине болушу зарыл. 2.4-сүрөттө көрсөтүлгөн чынжыр үчүн амперметрдин каршылыгы, аны кошкондо чынжырдагы ток өзгөрбөсүн үчүн $R_A \ll (r + R_1 + R_2)$ шартын канааттандырышы зарыл.



2.4-сүрөт. Амперметрди (A) жана вольтметрди (B) электр чынжырына кошуу.

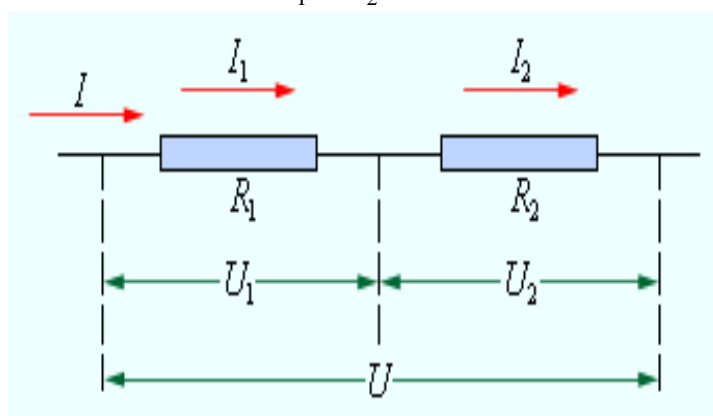
Өлчөөчү приборлор – вольтметрлер жана амперметрлер – эки түрдө кездешет: жебелүү (аналогдук) жана санариптик. Санариптик электр өлчөөчү приборлор татаал электрондук түзүлүштөр болуп саналышат. Адатта сандык приборлор өлчөөлөрдүн кыйла жогорку тактыгын камсыз кылышат.

Өткөргүчтөрдү удаалаш жана жарыш туташтыруу

Өткөргүчтөр электр чынжырларында өз ара удаалаш жана жарыш туташтырылышы мүмкүн.

Өткөргүчтөрдү удаалаш туташтырганда (2.5-сүрөт) бардык өткөргүчтөрдөгү токтун күчү бирдей болот:

$$I_1 = I_2 = I .$$



2.5-сүрөт. Өткөргүчтөрдү удаалаш туташтыруу.

Омдун закону боюнча, айрым өткөргүчтөрдөгү чыңалуулар U_1 жана U_2

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

Бул эки өткөргүчтөгү жалпы чыңалуу U_1 жана U_2 чыңалууларынын суммасына барабар:

$$U = U_1 + U_2 = I(R_1 + R_2) = IR ,$$

мында R - чынжырдын толук электрдик каршылыгы. Мындан $R = R_1 + R_2$ болору көрүнүп турат. Демек, *өткөргүчтөр өз ара удаалаш туташтырылганда чынжырдын толук каршылыгы айрым өткөргүчтөрдүн каршылыктарынын суммасына барабар.*

Бул натыйжа каалаган сандагы удаалаш туташтырылган өткөргүчтөр үчүн аткарылат.

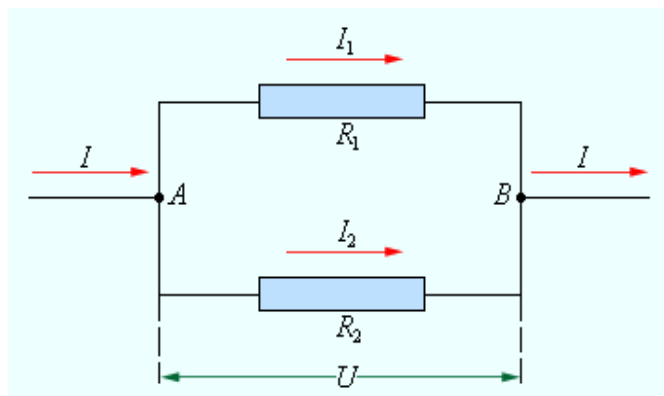
Жарыш туташтырганда (2.6-сүрөт) эки өткөргүчтөгү чыңалуулар бирдей:

$$U_1 = U_2 = U .$$

Ар бир өткөргүч аркылуу өтүүчү токтордун суммасы тармакталбаган чынжырдагы токко барабар:

$$I = I_1 + I_2.$$

Бул натыйжа турактуу токтун чынжырындагы ток тармакталган чекиттерде (*A* жана *B* түйүндөрү) заряд топтолуп калбастыгынан келип чыгат. Мисалы, *A* түйүнүнө Δt убактысы ичинде $I\Delta t$ заряды агып кирсе, ал түйүндөн ошол эле убакытта $I_1\Delta t + I_2\Delta t$ заряды агып чыгат. Демек, $I = I_1 + I_2$.



2.6-сүрөт. Өткөргүчтөрдү жарыш туташтыруу.

Омдун законунун негизинде $I_1 = \frac{U}{R_1}$, $I_2 = \frac{U}{R_2}$ жана $I = \frac{U}{R}$ деп жазып, мында R - жалпы чынжырдын электрдик каршылыгы,

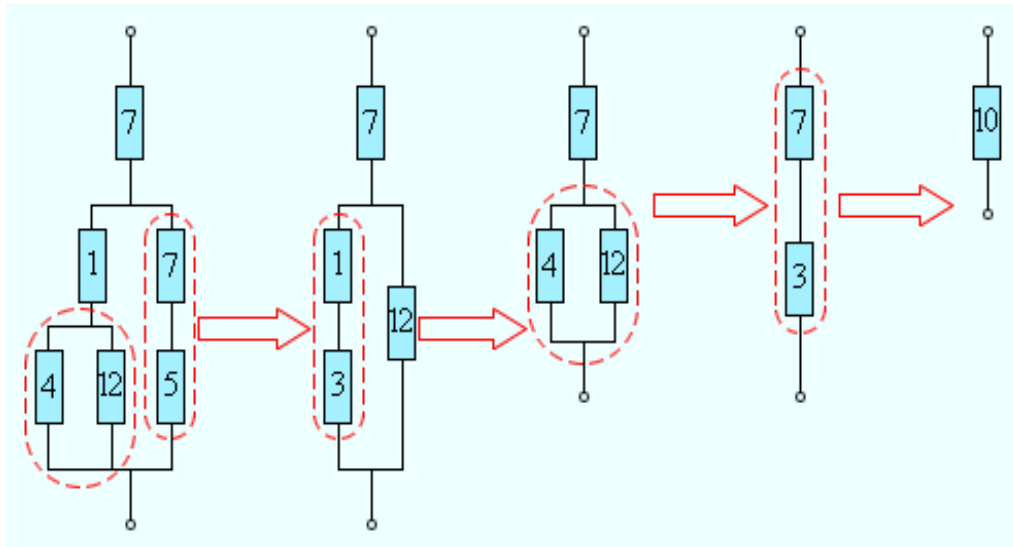
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

туюнтмасына ээ болобуз.

Өткөргүчтөрдү өз ара жарыш туташтырганда чынжырдын жалпы каршылыгына тескери болгон чоңдук жарыш туташтырылган өткөргүчтөрдүн каршылыктарына тескери чоңдуктардын суммасына барабар.

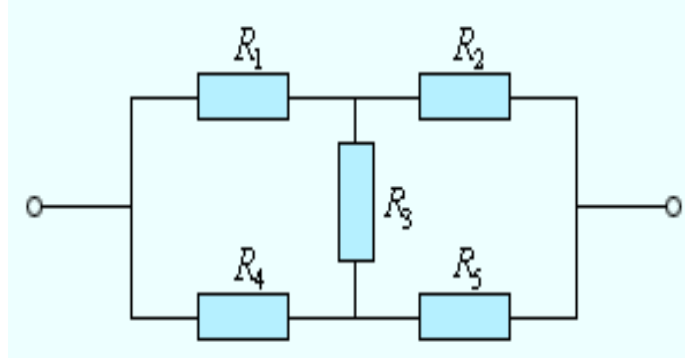
Бул натыйжа да өз ара жарыш туташтырылган каалаган сандагы өткөргүчтөр үчүн аткарылат.

Өткөргүчтөр удаалаш жана жарыш туташтырылган учурлар үчүн алынган формулалар көпчүлүк учурларда көптөгөн резисторлордон турган татаал чынжырлардын каршылыгын эсептөөгө мүмкүндүк берет. 2.7-сүрөттө мындай татаал чынжырдын мисалы жана эсептөөлөрдүн удаалаштыгы көрсөтүлгөн.



2.7-сүрөт. Татаал чынжырдын каршылыгын эсептөө. Бардык өткөргүчтөрдүн каршылыктары оmdордо (Ом) берилген.

Бирок, түрдүү каршылыктарга ээ болгон өткөргүчтөрдөн түзүлгөн бардык эле татаал чынжырлар удаалаш жана жарыш туташтыруулардын формулаларынын жардамында эсептеле бербей тургандыгын белгилей кетели. 2.8-сүрөттө жогоруда көрсөтүлгөн методдун жардамында эсептөөгө болбой турган электр чынжырынын мисалы келтирилди.



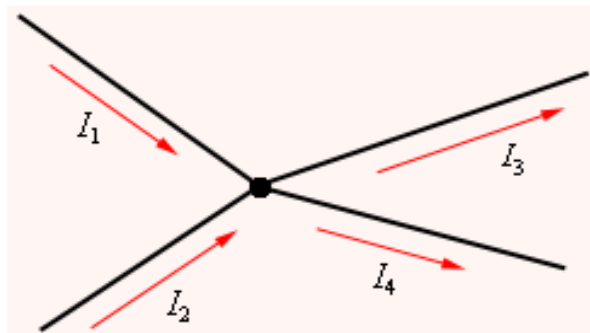
2.8-сүрөт. Удаалаш жана жарыш туташтырылган өткөргүчтөрдүн комбинациясына келбеген электр чынжырынын мисалы.

2.8-сүрөттө көрсөтүлгөндөй чынжырлар, жана, бир нече булактарды камтыган тармакталган чынжырлар, Кирхгофтун эрежелеринин жардамында эсептелет.

Тармакталган чынжырлар үчүн Кирхгофтун эрежелери

Бир тектүү эмес бөлүктөрдү камтыган татаал электрдик чынжырларды эсептөөдө Кирхгофтун эрежелери пайдаланылат. Ал эрежелер Омдун законун тармакталган чынжырларга жалпылоонун натыйжасында алынган.

Тармакталган чынжырларда үчтөн кем эмес өткөргүч келип кошулган түйүндүк чекиттерди (түйүндөрдү) бөлүп кароого болот (2.9-сүрөт). Түйүнгө агып кирген токторду оң, ал эми түйүндөн агып чыккан токторду – терс деп эсептөө кабыл алынган.



2.9-сүрөт. Электр чынжырынын түйүнү: $I_1, I_2 > 0$, $I_3, I_4 < 0$.

Турактуу токту чынжырынын түйүндөрүндө заряддар топтолуп кала албайт. Бул шарттан *Кирхгофтун биринчи эрежеси* келип чыгат:

Тармакталган чынжырдын ар бир түйүнүндөгү ток күчтөрүнүн алгебралык суммасы нөлгө барабар:

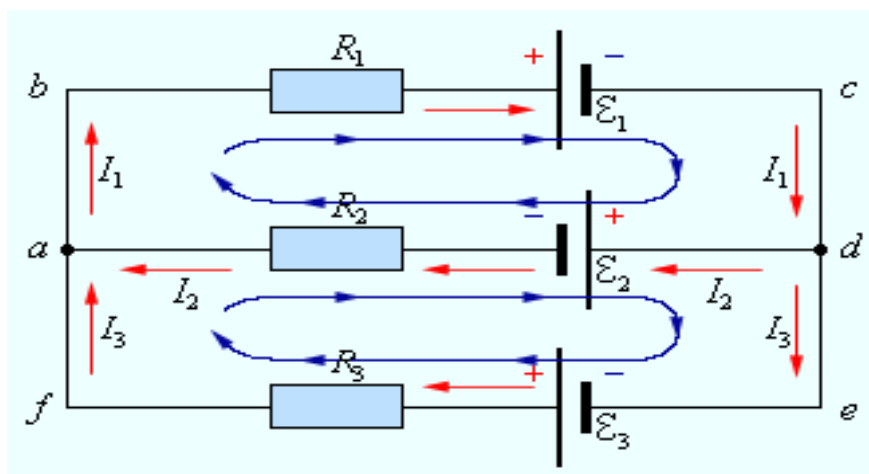
$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0.$$

Кирхгофтун биринчи эрежеси электрдик заряддын сакталуу законунун натыйжасы болуп эсептелет.

Тармакталган чынжырда ар дайым бир тектүү жана бир тектүү эмес бөлүктөрдөн турган бир нече туюк жолдорду бөлүп кароого болот. Мындай туюк жолдор *контурлар* деп аталышат. Бөлүп алынган контурдун түрдүү бөлүктөрүндө түрдүүчө токтор өтүшү мүмкүн. 2.10-сүрөттө тармакталган чынжырдын жөнөкөй мисалы көрсөтүлгөн. Чынжыр токтор келип кошулган эки (a жана d) түйүнгө ээ. Ал түйүндөрдүн экөөнө тең бирдей I_1 , I_2 , жана I_3 токтору келип кошулат, ошондуктан алардын бирин гана (a же d) көз карандысыз деп эсептөөгө болот.

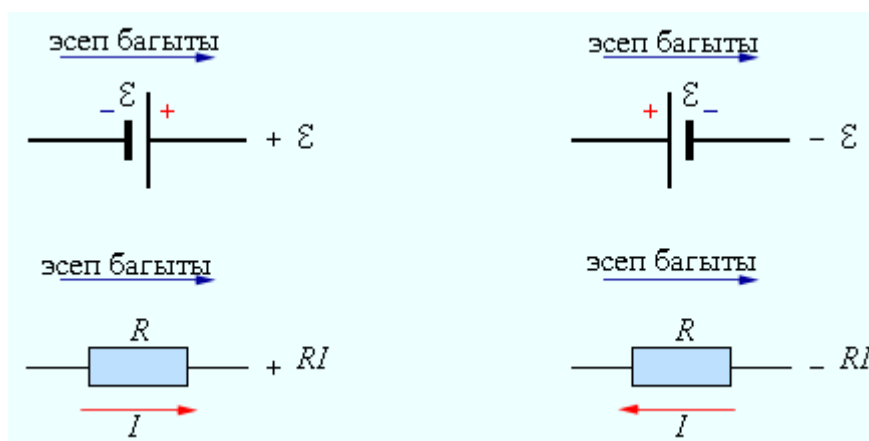
Чынжырда үч контурду - $abcd$, $adef$ жана $abcdef$ - бөлүп кароого болот. Алардын экөөсү гана (мисалы, $abcd$ жана $adef$) көз карандысыз, анткени үчүнчү контур эч кандай жаңы бөлүктөрдү камтыбайт.

Кирхгофтун экинчи эрежеси Омдун законун жалпылоонун натыйжасы болот.



2.10-сүрөт. Тармакталган электр чынжырынын мисалы. Чынжыр бир көз карандысыз түйүндү (a же d) жана эки көз карандысыз контурду (мисалы, $abcd$ жана $adef$) камтыйт.

Омдун жалпыланган законун 2.10-сүрөттө көрсөтүлгөн чынжырдын контурларынын бирин, мисалы $abcd$ ны түзгөн бөлүктөр үчүн жазалы. Бул үчүн ар бир бөлүктө токту оң багытын жана контурду бойлоп эсеп жүргүзүүнүн оң багытын келишип алуу керек. Бөлүктөрдүн ар бири үчүн Омдун жалпыланган законун жазарда келишилген «белгилер эрежесин» сактоо зарыл, ал эрежелер 2.11-сүрөттө түшүндүрүлгөн.



2.11-сүрөт. «Белгилер эрежеси».

$abcd$ контурунун бөлүктөрү үчүн Омдун жалпыланган закону төмөнкүдөй көрүнүштө жазылат:

$$bc \text{ бөлүгү үчүн: } I_1 R_1 = \Delta\varphi_{bc} - \mathcal{E}_1,$$

$$da \text{ бөлүгү үчүн: } I_2 R_2 = \Delta\varphi_{da} - \mathcal{E}_2.$$

Бул барабардыктардын сол жана оң тараптарын өз ара кошуп, жана $\Delta\varphi_{bc} = -\Delta\varphi_{da}$ болорун эске алып

$$I_1R_1 + I_2R_2 = \Delta\varphi_{bc} + \Delta\varphi_{da} - \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = -\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2$$

ге ээ болобуз.

Жогорудагы сыяктуу, *adef* контуру үчүн

$$-I_2R_2 + I_3R_3 = \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3.$$

Кирхгофтун экинчи эрежесин төмөнкүдөй айтууга болот:

Турактуу токтун тармакталган чынжырындагы каалаган туюк контурдун ар бир бөлүгүнүн каршылыгынын ушул бөлүк аркылуу өтүп жаткан токтун күчүнө көбөйтүндүсүнүн алгебралык суммасы ушул контурдагы ЭККлардын алгебралык суммасына барабар.

Тармакталган чынжырдын бардык көз карандысыз түйүндөрү жана контурлары үчүн жазылган Кирхгофтун биринчи жана экинчи эрежелери электр чынжырын эсептөө үчүн зарыл жана жетиштүү сандагы алгебралык теңдемелерди жазып алууга мүмкүндүк берет. 2.10-сүрөттө көрсөтүлгөн чынжыр үчүн белгисиз үч I_1, I_2 жана I_3 токторду аныктоочу теңдемелер системасы

$$I_1R_1 + I_2R_2 = -\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2,$$

$$-I_2R_2 + I_3R_3 = \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3,$$

$$-I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

көрүнүшүндө жазылат.

Мына ошентип, Кирхгофтун эрежелери тармакталган электр чынжырын эсептөөнү, б.а. ал чынжырдын бөлүктөрүндөгү токтун күчүн жана багытын, чыңалуунун төмөндөшүн аныктоо маселесин сызыктуу алгебралык теңдемелердин системасын чечүү маселесине келтирет. Муну чечүү анчалык кыйынчылыктарды жаратпайт, бирок кээде жөнөкөй чынжырлар үчүн деле теңдемелер өтө узарып, татаалдашып кетет. Эгерде теңдемени чечкенде токтун күчү чынжырдын кайсы бир бөлүгүндө терс мааниге ээ болуп калса, анда бул бөлүктө ток биз оң деп тандап алган багытка каршы агат деп түшүнүү керек.

Иштин тапшырмалары

1. Суроолор

1. Ар биринин каршылыгы $R = 3\text{ Ом}$ болгон жана өз ара жарыш туташтырылган үч резисторго төртүнчү ошондой эле резисторду удаалаш туташтырышты. Чынжырдын толук каршылыгы.....го барабар.

Жообу:

- 1 Ом
- $4/3\text{ Ом}$
- $3/4\text{ Ом}$
- 4 Ом
- 12 Ом

2. Өз ара удаалаш туташтырылган ар бири $R = 9\text{ Ом}$ дук үч резисторго каршылыгы $R = 3\text{ Ом}$ болгон төртүнчү резисторду да удаалаш кошушту. Эгерде бул резисторлорду турактуу токту 6 В тук булагына кошсок, амперметр эмнени көрсөтөт?

Жообу:

- 5 А
- 2 А
- 1 А
- $0,5\text{ А}$
- $0,2\text{ А}$

3. Каршылыктары $R_1 = 5\text{ Ом}$ жана $R_2 = 10\text{ Ом}$ болгон эки резистор өз ара удаалаш туташтырылган. Бул резисторлордогу чыңалуулардын төмөндөөлөрүнүн катышы U_1/U_2 эмнеге барабар?

Жообу:

- $0,2$
- $0,5$
- 1
- 2
- 5

4. ЭККсы 15 В жана ички каршылыгы 2 Ом болгон ток булагынан турган электр чынжырындагы чукул туташуунун тогу..... барабар.

Жообу:

- 3 А
- $7,5\text{ А}$
- 30 А
- 5 А
- $2,5\text{ А}$

5. Чынжырдын каршылыктары $R_1 = 2\text{ Ом}$ жана $R_2 = 8\text{ Ом}$ болгон резисторлор өз ара удаалаш туташтырылган бөлүгүндөгү токту күчү

0,5 A ге барабар. Анда ар бир каршылыктагы чыңалуунун төмөндөшү $U_1 = \dots\dots B$, $U_2 = \dots\dots B$.

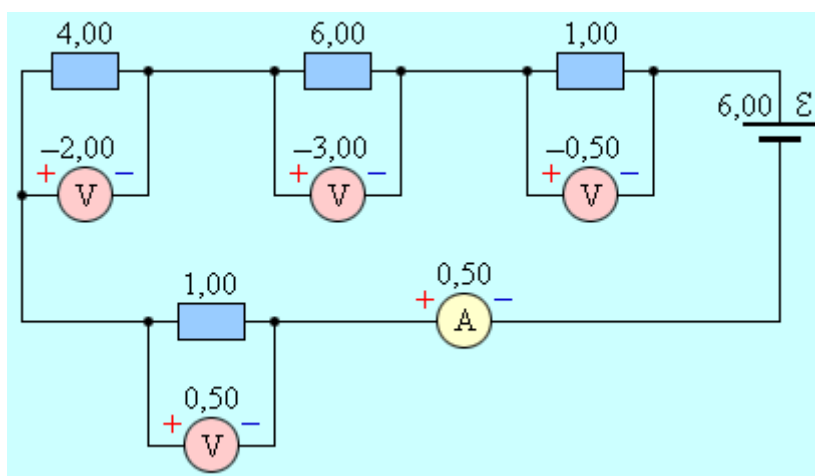
Жообу:

- $U_1 = 2B, U_2 = 4B$
- $U_1 = 4B, U_2 = 1B$
- $U_1 = 1B, U_2 = 4B$
- $U_1 = 4B, U_2 = 2B$
- $U_1 = 0,5B, U_2 = 1B$

2. Маселелер

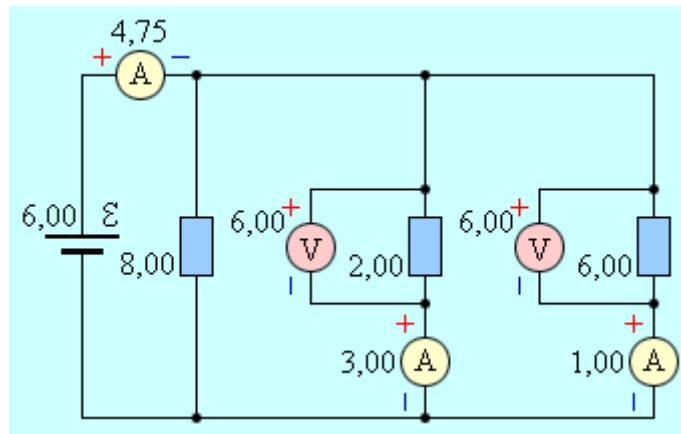
1. Каршылыктары $R_1 = 4\text{ Ом}$, $R_2 = 6\text{ Ом}$, $R_3 = 1\text{ Ом}$ жана $R_4 = 1\text{ Ом}$ болгон төрт резистор турактуу токтун булагына удаалаш туташтырылган. Чынжырга кошулган амперметр 0,5 A ди көрсөтөт. Эгерде төртүнчү резисторду чынжырдан үзүп таштаса амперметр кандай токту көрсөтөт? Компьютердик эксперимент жүргүзгүлө жана жообуңарды текшергиле.

Жообу: $I = \quad A$.



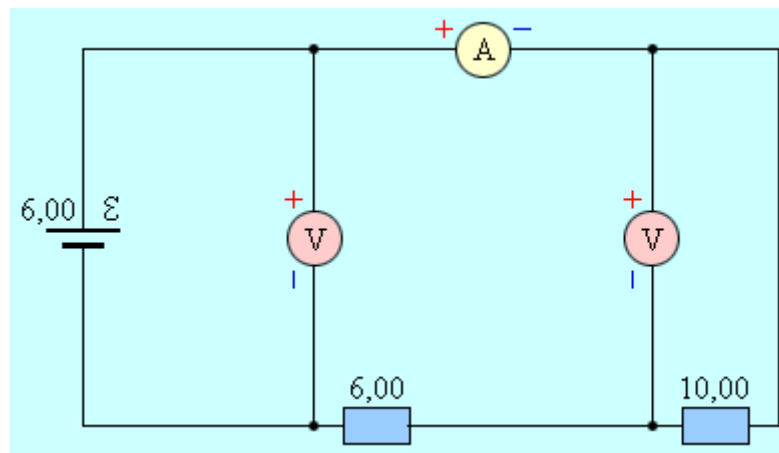
2. 6 B тук турактуу токтун булагына каршылыктары $R_1 = 8\text{ Ом}$, $R_2 = 2\text{ Ом}$, жана $R_3 = 6\text{ Ом}$ болгон үч резистор жарыш туташтырылган. $R_1 = 8\text{ Ом}$ резистору аркылуу кандай ток өтөт? Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $I = \quad A$.



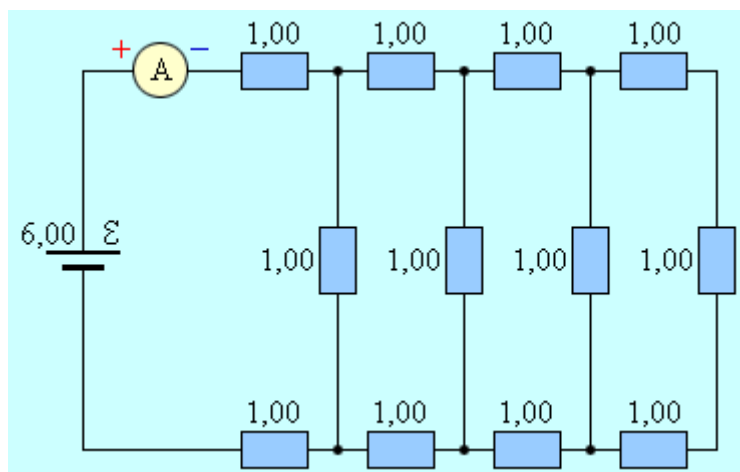
3. $6V$ тук турактуу токту булагына каршылыктары $R_1 = 5\text{ Ом}$, $R_2 = 10\text{ Ом}$ болгон эки резистор кошулган. V_1 вольтметри $6V$ чыңалууну көрсөтөт. Амперметрдин жана V_2 вольтметринин көрсөтүүлөрүн аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзгүлө жана жообуңарды текшергиле (Схемадагы $R_1=6\text{ Ом}$ ду $R_1=5\text{ Ом}$ деп түзөтүп окугула).

Жообу: $I = \text{ A}$, $U_2 = \text{ B}$.



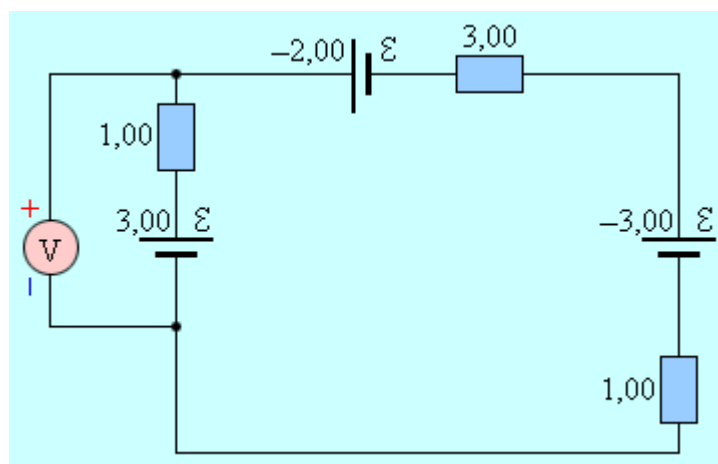
4. Ар биринин каршылыгы $R = 1\text{ Ом}$ дон болгон 12 резистордун тизмеги $6V$ тук турактуу токту булагына сүрөттө көрсөтүлгөндөй тартипте кошулган. Амперметр эмнени көрсөтөт? Компьютердик эксперимент жүргүзгүлө жана жообуңарды текшергиле.

Жообу: $I = \text{ A}$.



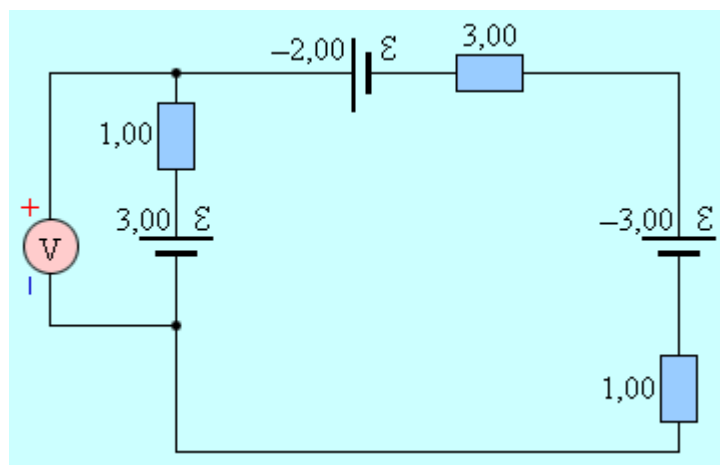
5. ЭККлары жана ички каршылыктары тиешелүү түрдө $\mathcal{E} = 3V, r = 1\Omega, \mathcal{E} = -2V, r = 3\Omega, \mathcal{E} = -3V, r = 1\Omega$ болгон үч ток булагы сүрөттө көрсөтүлгөндөй туташтырылган. Вольтметрдин көрсөтүүсүн аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $U = \quad V$.



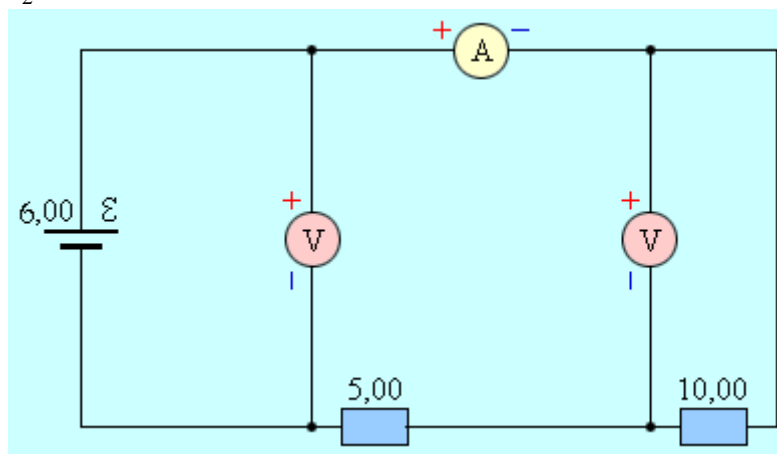
6. ЭККлары жана ички каршылыктары тиешелүү түрдө $\mathcal{E} = 3V, r = 1\Omega, \mathcal{E} = -2V, r = 3\Omega, \mathcal{E} = -3V, r = 1\Omega$ болгон үч ток булагы сүрөттө көрсөтүлгөндөй туташтырылган. Үчүнчү ток булагына жарыш кылып дагы бир, $\mathcal{E} = 9V, r = 2\Omega$ болгон, ток булагын улашат. Вольтметрдин көрсөтүүсүн аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $U = \quad V$.



7. $6V$ тук турактуу токту булагы бар чынжырга каршылыктары $R_1 = 5\text{Om}$, $R_2 = 10\text{Om}$ болгон эки резистор кошулган. V_1 вольтметри $6V$ чыңалуу көрсөтөт. Эгерде чынжырды турактуу токту $9V$ тук булагына кошсо экинчи вольтметрдин көрсөтүүсү канчага өзгөрөт? Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле (Программадагы схемада $\mathcal{E} = 5V$ деп ката жазылган).

Жообу: $\Delta U_2 = \quad V$.



8. ЭККлары $\mathcal{E} = 6V$ жана ички каршылыктары $r = 1\text{Om}$ болгон эки бирдей ток булагы өз ара удаалаш туташтырылган. Бул ток булактарынын биринин каршылыгы $r = 3\text{Om}$ го чейин көбөйгөн кезде ортого аларга жарыш кошулган вольтметрдин көрсөтүүсү канчага өзгөрөт? Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле (Схемасын өзүңөр чийгиле).

Жообу: $\Delta U_2 = \quad V$.

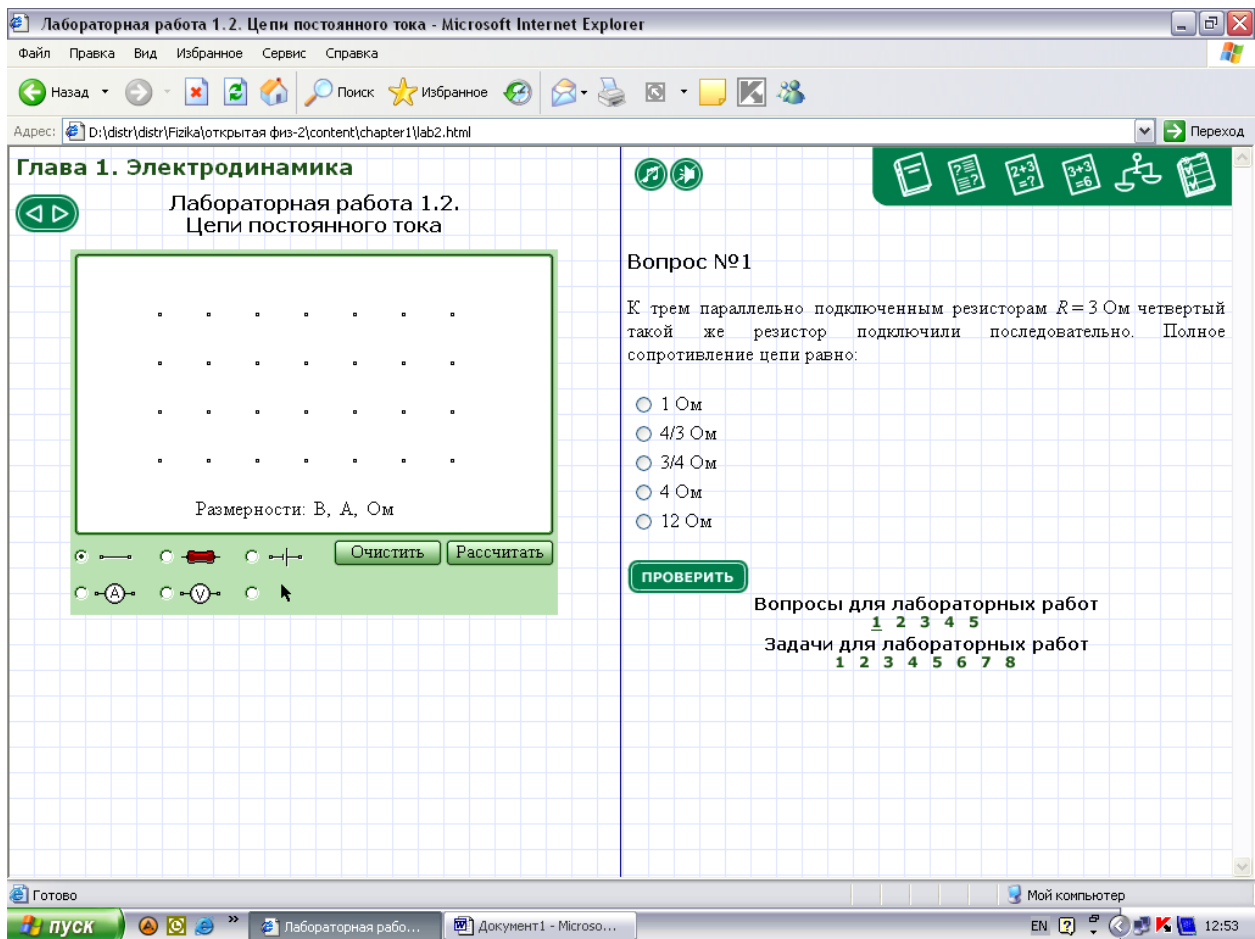
3. Эксперименттер

Компьютердик моделди пайдаланып Омдун законун текшерүүгө жарактуу электр чынжырын түзгүлө жана анын жардамында

- чынжырдагы ток күчүнүн анын учтарындагы чыңалуудан көз карандылыгын,
- ток күчүнүн чынжырдын бөлүгүнүн каршылыгынан көз карандылыгын изилдегиле. Бул көз карандылыктарды чагылдырган графиктерди тургузуп, тиешелүү тыянактарды жасагыла.

Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун тартиби

1. Окуу китептерин, иштин баяндамасын пайдаланып ишке керектүү теориялык материал менен таанышкыла жана дептериңерге кыскача конспект түзгүлө.
2. Иштин тапшырмаларындагы суроолордун туура жоопторун тандап 2.1-таблицанын жана, маселелерди чыгарып, 2.2-таблицанын «Алдын ала эсептегенде» бөлүгүнүн «упайга» чейинки графаларын толтургула.
3. Виртуалдык лабораториялык ишти аткарууга даярдагыла. Ал үчүн «Открытая физика. 2.5.» (часть 2) окутуучу компьютердик программасынан «Лабораторная работа 1.2. Цепи постоянного тока» темасын ачкыла. Экранда төмөнкү картина пайда болот. Сүрөттү көңүл коюп карап, бардык жөнгө салгычтарды, ж.б. негизги (башкаруучу) элементтерди тапкыла. Турактуу токтуун электр чынжырларын (схеманы) түзүүнүн жолдору менен таанышкыла.



Компьютердик модель – дисплейдин экранында турактуу токту ар түрдүү тармакталган чынжырларын түзүүгө мүмкүндүк берүүчү конструктор болуп эсептелет. Ал чынжырлар турактуу токту булактарынан, резисторлордон, амперметрлерден жана вольтметрлерден түзүлөт. Мындагы ток булактарынын ЭККсын, резисторлордун каршылыктарын белгилүү чектерде өзгөртүүгө болот. Схеманын тиешелүү элементин активдештирүү үчүн алгач жебелүү клавишаны басып, андан кийин чычкандын жардамында схеманын тандалып алынган элементин (ток булагын же резисторду) чакыруу зарыл. Схеманы түзүп бүткөндөн кийин «Эсепте» («Рассчитать») буйругу берилет, жана компьютердик программа Омдун законунун же (тармакталган чынжырлар үчүн) Кирхгофтун эрежелеринин жардамында чынжырдын түрдүү участкаларындагы токторду жана чыңалууларды эсептейт.

4. Экрандын оң тарабындагы программаны пайдаланып лабораториялык иштин суроолорунун тандалган жоопторунун (2.1-таблица) жана маселелердин чыгарылышынын (2.2-таблица) тууралыгын кезеги менен текшергиле. Таблицаардын «Алдын ала эсептегенде. Упай» графасын, жообуңар туура болсо - 1, ката болсо – 0 упай коюп, толтургула.

Суроолордун жооптору

2.1-таблица

Суроо	<i>Алдын - ала эсептегенде</i>				<i>Виртуалдык экспериментте</i>		<i>Орточо упай</i>
	<i>таяныч формула</i>	<i>жумушчу формула</i>	<i>жообу</i>	<i>упай</i>	<i>жообу</i>	<i>упай</i>	
1							
2							
3							
4							
5							
<i>Жалпы упай:</i>							

5. Экрандын сол тарабындагы моделди пайдаланып, кезеги менен иштеги ар бир суроонун жана маселенин шартындагы жагдай так аткарылгандай кылып виртуалдык эксперимент жүргүзгүлө. Процессти моделдештирүү үчүн чоңдуктардын суроолордун же маселелердин шартындагы тиешелүү маанилеринен пайдалангыла. Ар бир эксперименттин натыйжасын таблицалардын «Виртуалдык экспериментте. Жообу» графасына, ал эми аларды текшерүүнүн натыйжасын «упай» графасына (*1 же 0*) жазгыла.

Маселелердин жооптору

2.2-таблица

Маселе	<i>Алдын - ала эсептегенде</i>				<i>Виртуалдык экспериментте</i>		<i>Орточо упай</i>
	<i>таяныч формула</i>	<i>жумушчу формула</i>	<i>жообу</i>	<i>упай</i>	<i>жообу</i>	<i>упай</i>	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
<i>Жалпы упай:</i>							

6. Суроолор жана маселелер боюнча орточо жана жалпы упайларды эсептеп, тиешелүү графаларды толтургула.

7. Эгерде айрым суроолордун же маселелердин жооптору ката болуп калса, анын себептерин талдагыла. Туура жоопторду аныктап, түшүнүүгө жана эстеп калууга аракеттенгиле.

8. Програмадагы моделди пайдаланып, иштин тапшырмаларындагы эксперименттерди жүргүзгүлө жана тиешелүү тыянактарды жасагыла.

Программанын эксперимент талаасында чынжырдын бөлүгү үчүн Омдун законун текшерүүгө жарактуу электрдик схема түзгүлө.

- Чынжырдагы ток күчүнүн чыңалуудан көз карандылыгын изилдөө үчүн каршылык турактуу ($R=\text{const}$) кезде анын учтарына берилген чыңалууну өзгөртүү аркылуу ток күчүнүн өзгөрүүсүнө көз салгыла. Эксперименттерди түрдүү каршылыктар үчүн кайталагыла. Алынган натыйжаларды 2.3-таблицага түшүргүлө.

Ток күчүнүн чыңалуудан көз карандылыгы
($R_1= \text{ Ом}, \quad R_2= \text{ Ом}, \quad R_3= \text{ Ом}$)

2.3-таблица

U, B									
$I_1(U), A$									
$I_2(U), A$									
$I_3(U), A$									

- Чынжырдагы ток күчүнүн каршылыктан көз карандылыгын изилдөө үчүн чыңалуу турактуу ($U=\text{const}$) кезде анын каршылыгын өзгөртүү аркылуу ток күчүнүн өзгөрүүсүнө көз салгыла. Эксперименттерди түрдүү чыңалуулар үчүн кайталагыла. Алынган натыйжаларды 2.4-таблицага түшүргүлө.

Ток күчүнүн каршылыктан көз карандылыгы
($U_1= B, \quad U_2= B, \quad U_3= B$)

2.4-таблица

$R, \text{ Ом}$									
$I_1(R), A$									
$I_2(R), A$									
$I_3(R), A$									

9. 2.3- жана 2.4-таблицадагы маалыматтарды пайдаланып, $I(U)$ – жана $I(R)$ - көз карандылыктарынын графиктерин тургузгула жана тиешелүү тыянактарды чыгаргыла.

Билимди текшерүү үчүн суроолор

1. Өткөргүчтө турактуу электр тогун алуунун зарыл шарттары кандай?
2. Бөтөн күчтөр деп эмнени айтабыз жана алардын табияты кандай?
3. Омдун закондорунун физикалык маанисин түшүндүргүлө.
4. Чукул туташууларга мисалдар келтиргиле жана андан сактануунун жолдорун түшүндүргүлө.
5. Амперметр жана вольтметрдин иштөө принциптерин, аларды чынжырга туташтыруунун өзгөчөлүктөрүн түшүндүргүлө.
6. Чынжырдагы өткөргүчтөрдүн жалпы каршылыгын эсептөөнүн формулаларын келтирип чыгаргыла.
7. Тармакталган электр чынжырларын эсептөөнүн эрежелерин айтып бергиле жана ал эрежелерди колдонуунун жолдорун түшүндүргүлө.

3. ЖАРЫШ ТОКТОРДУН ӨЗ АРА АРАКЕТТЕНИШҮҮСҮ

Иштин максаты:

- Компьютердик моделди пайдаланып жарыш токтордун магниттик өз ара аракеттенишүүлөрүн изилдөө.
- Өткөргүчтөгү ток күчүнүн, анын айланасында түзүлгөн магнит талаасынын индукция векторунун жана тогу бар өткөргүчкө аракет эткен Ампер күчүнүн багыттарынын арасындагы байланышты аныктоо жолдорун өздөштүрүү.
- Ампердин законун эксперименталдык тастыктоо.

Иштин кыскача теориясы

Магниттик кубулуштар байыркы мезгилде эле белгилүү болчу. Компас мындан 4500 жыл илгери ойлоп табылган. Ал Европада болжол менен биздин замандын XII кылымында пайда болгон. Бирок XIX кылымда гана электр жана магнит кубулуштарынын ортосундагы байланыш аныкталып, магнит талаасы жөнүндөгү көз караш пайда болду.

Электрдик жана магниттик кубулуштардын ортосундагы терең байланышты көрсөткөн алгачкы эксперименттер болуп даниялык физик **Х.Эрстеддин (1820-ж.)** тажрыйбалары эсептелет. Бул тажрыйбалар тогу бар өткөргүчкө жакын жайгаштырылган магнит жебесине аны бурууга умтулган күчтөр аракет этишерин көрсөттү. Ошол эле жылы француз

физиги **А.Ампер** тогу бар эки өткөргүчтүн өз ара күчтүк аракеттенишүүлөрүн байкап, токтордун аракеттенишүү законун ачты.

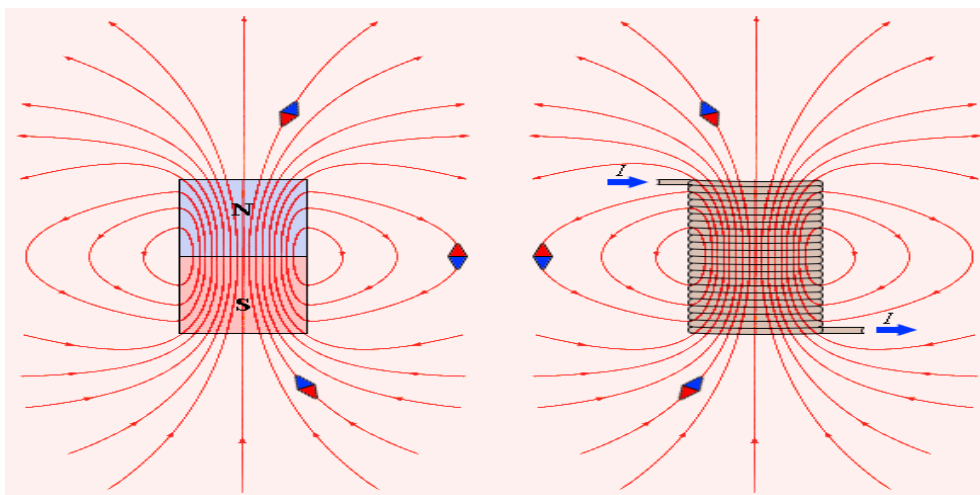
Азыркы көз караштар боюнча тогу бар өткөргүчтөр бири-бирине түздөн түз аракет этишпестен, аларды курчаган магнит талаалары аркылуу аракет этишет.

Магнит талаасынын булактары болуп *кыймылдагы* электрдик заряддар (токтор) эсептелет. Кыймылсыз электрдик зарядды курчаган мейкиндикте электр талаасы пайда болгон сыяктуу эле, тогу бар өткөргүчтөрдү курчаган мейкиндикте магнит талаасы пайда болот. Турактуу магниттердин магнит талаасы да заттын молекулаларынын ичинде жүрүп турган электрдик микротоктор тарабынан түзүлөт (*Ампердин гипотезасы*).

XIX кылымдын окумуштуулары магнит талаасынын теориясын электростатикага окшоштуруп, эки белгидеги магниттик заряд (мисалы, магнит жебесинин түндүк N жана түштүк S уюлдары) түшүнүгүн киргизүү менен, түзүүгө аракет кылышкан. Бирок, тажрыйбалар өзүнчө магниттик заряддар жашабастыгын көрсөтөт. Токтордун магнит талаасы электр талаасынан кескин айырмаланат. Электр талаасынан айырмаланып, магнит талаасы кыймылдагы заряддарга (токторго) гана күчтүк таасир көрсөтөт.

Магнит талаасын сүрөттөө үчүн, электр талаасынын чыңалыш вектору \vec{E} сыяктуу, талаанын күчтүк мүнөздөмөсүн киргизип алуу зарыл. Мындай мүнөздөмө болуп *магниттик индукция вектору* \vec{B} эсептелет. Магниттик индукция вектору \vec{B} магнит талаасындагы токторго же кыймылдагы заряддарга аракет этүүчү күчтөрдү аныктайт.

\vec{B} векторунун оң багыты үчүн магнит талаасында эркин жайгашкан магнит жебесинин түштүк (S) уюлунан түндүк (N) уюлун караган багыт кабыл алынат. Мына ошентип, кичинекей магнит жебесинин жардамында ток же турактуу магнит түзгөн магнит талаасын изилдөө аркылуу \vec{B} векторунун мейкиндиктин ар бир чекитиндеги багытын аныктап алууга болот. Мындай изилдөөлөр магнит талаасынын мейкиндиктик структурасын элестетүүгө мүмкүндүк берет. Электростатикадагы талаанын күч сызыктарына окшоштуруп, ар бир чекитинде \vec{B} вектору жаныма боюнча багытталгандай магниттик индукциянын сызыктарын тургуза алабыз. Турактуу магниттин жана тогу бар түрмөктүн (катушканын) талааларынын магниттик индукция сызыктарынын мисалы 3.1-сүрөттө көрсөтүлдү.



3.1-сүрөт. Турактуу магниттин жана тогу бар түрмөктүн талааларынын магниттик индукция сызыктары. Индикатордук магниттик жебелер индукция сызыктарына жанымалардын багыттары боюнча жайгашышат.

Турактуу магниттин жана тогу бар түрмөктүн магнит талааларынын окшоштуктарына көңүл бургула. Магниттик индукция сызыктары ар дайым туюк, эч жерде үзүлүүгө учурашпайт. Бул жагдай магнит талаасы булактарга – магниттик заряддарга ээ эмес дегенди билдирет. Мындай касиетке ээ болушкан күчтүк талаалар *куюндуу талаалар* деп аталышат. Магниттик индукциянын картинасын (сүрөтүн) магнит талаасында магниттелишкен жана кичинекей магнит жебеси сыяктуу индукция сызыктарын бойлото бурулуп жайланышкан майда металл таарындыларынын жардамында байкоого болот.

Магнит талаасын сан жагынан мүнөздөө үчүн \vec{B} векторунун багытынан тышкары анын модулу да аныктоо жолун көрсөтүү керек. Мунун эң жөнөкөй жолу – изилденүүчү магнит талаасына тогу бар өткөргүчтү киргизүү жана бул өткөргүчтүн айрым түз сызыктуу бөлүгүнө аракет этүүчү күчтү өлчөө. Өткөргүчтүн бул бөлүгүнүн узундугу Δl магнит талаасынын бир тектүү эмес областарынын өлчөмдөрүнөн кыйла кичине болушу керек. Ампердин тажрыйбалары өткөргүчтүн бөлүгүнө аракет этүүчү күч токтуң күчүнө (I), бул бөлүктүн узундугуна (Δl) жана токтуң жана магниттик индукция векторунун багыттарынын арасындагы бурчтун синусуна пропорциялаш болорун көрсөттү:

$$F \sim I \Delta l \sin \alpha .$$

Бул күч *Ампер күчү* деп аталат. Ал модулу боюнча эң чоң маанисине (F_{\max}) тогу бар өткөргүч магниттик индукция сызыктарына тик жайгашкан кезде жетет.

\vec{B} векторунун модулу төмөнкүдөй аныкталат:

Магниттик индукция векторунун модулу тогу бар түз өткөргүчкө аракет этүүчү Ампер күчүнүн максималдык маанисинин өткөргүчтөгү токтуң күчүнө (I) жана анын узундугуна (Δl) болгон катышына барабар:

$$B = \frac{F_{\max}}{I\Delta l}.$$

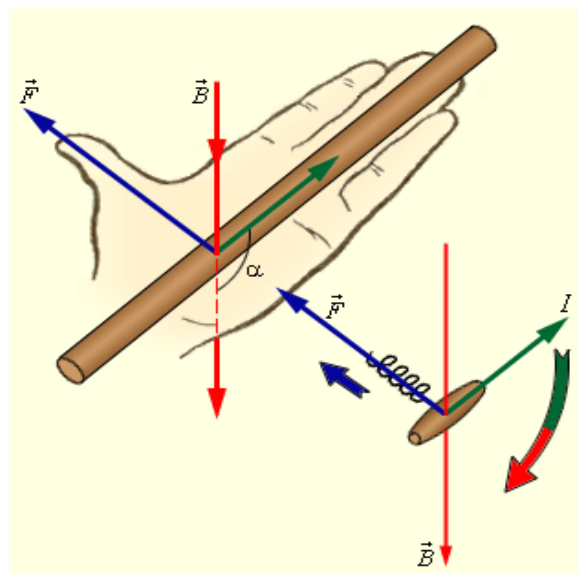
Жалпы учурда Ампер күчү

$$F = IB\Delta l \sin \alpha$$

катнашы аркылуу туюнтулат. Бул катнашты **Ампер закону** деп атоо кабыл алынган. Бирдиктердин СИ системасында магниттик индукциянын бирдиги үчүн тогунун күчү $1A$ болгон өткөргүчтүн ар бир метр узундугуна Ампердин $1H$ го барабар максималдык күчү аракет этүүчү магнит талаасынын индукциясы кабыл алынган. Бул бирдик *тесла* ($Tл$) деп аталат.

$$1Tл = 1 \frac{H}{A \cdot м}$$

Тесла – өтө чоң бирдик. Жердин магнит талаасы болжол менен $0,5 \cdot 10^{-4} Tл$ га барабар. Чоң лабораториялык электромагнит $5Tл$ дан ашпаган талааны түзө алат. Ампер күчү \vec{B} магниттик индукция векторуна жана өткөргүчтөгү токтуң багытына перпендикуляр багытталган. Ампер күчүнүн багытын аныктоо үчүн адатта *сол кол эрежесин* пайдаланышат: *Эгерде сол колду \vec{B} индукция сызыктары алаканга киргендей, ал эми колдун манжалары токту бойлото багытталгандай кылып жайгаштырса, анда тик ачылган баш бармак өткөргүчкө аракет этүүчү күчтүн багытын көрсөтөт* (3.2-сүрөт).



3.2-сүрөт. Сол кол эрежеси жана бурама эрежеси.

Эгерде \vec{B} вектору менен өткөргүчтөгү токтун арасындагы бурч $\alpha = 90^\circ$ тан айырмалуу болсо, анда \vec{F} Ампер күчүнүн багытын аныктоо үчүн *бурама эрежесинен* пайдалануу бир топ ыңгайлуу: элестетилген бурама \vec{B} векторун жана тогу бар өткөргүчтү камтыган тегиздикке перпендикуляр жайгаштырылат да, анын сабы токтун багытынан \vec{B} векторунун багытын көздөй буралат. Бул учурда бураманын алга умтулуп жылышы \vec{F} Ампер күчүнүн багытын көрсөтөт (3.2-сүрөт). Бурама эрежесин көбүнчө *оң винт эрежеси* деп аташат.

Токтордун магниттик аракеттенишүүлөрүнүн маанилүү мисалдарынын бири болуп өз ара жарыш токтордун аракеттенишүүсү эсептелет. Бул кубулуштун закон ченемдүүлүктөрү тажрыйбада Ампер тарабынан аныкталган. Эгерде эки жарыш өткөргүч аркылуу электр тогу бир багытта өтүшсө, өткөргүчтөрдүн өз ара тартылышканы байкалат. Токтор карама-каршы багыттарда өтүшкөндө өткөргүчтөр өз ара түртүлүшөт.

Токтордун аракеттенишүүсү алардын магнит талаалары аркылуу ишке ашырылат: бир токтун магнит талаасы Ампер күчү аркылуу экинчи токко аракет кылат жана тескерисинче.

Тажрыйбалар өткөргүчтөрдүн ар биринин узундугу Δl болгон кесиндисине аракет этүүчү күчтүн модулу өткөргүчтөрдөгү токтун күчтөрүнө (I_1 жана I_2), кесиндинин узундугуна (Δl) түз жана алардын арасындагы аралыкка (R) тескери пропорциялаш болорун көрсөттү:

$$F = k \frac{I_1 I_2 \Delta l}{R}.$$

Бирдиктердин Эл аралык СИ системасында k пропорциялаштык коэффициентин

$$k = \frac{\mu_0}{2\pi}$$

көрүнүшүндө жазуу кабыл алынган, мында μ_0 - *магниттик турактуулук* деп аталуучу турактуу чоңдук. СИде магниттик турактуулукту киргизүү бир катар формулалардын жазылышын жөнөкөйлөштүрөт. Анын сан мааниси

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2 \approx 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Н/А}^2.$$

Жарыш токтордун магниттик аракеттенишүү законун туюнтуучу формула

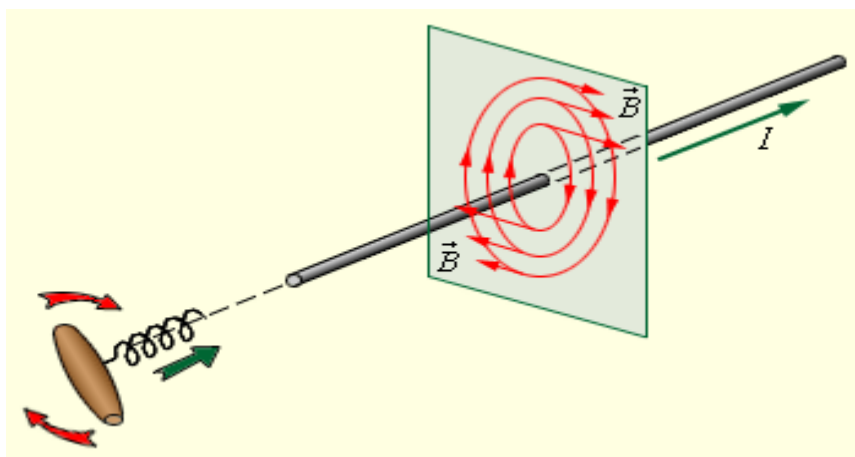
$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2 \Delta l}{R} \quad \text{көрүнүшүн алат.}$$

Мындан ар бир түз өткөргүчтүн магнит талаасынын индукциясы үчүн туюнтманы алуу анча кыйын эмес. Тогу бар түз өткөргүчтүн магнит талаасы октук симметрияга ээ болушу керек, демек, магниттик индукциянын туюк сызыктары өткөргүчкө перпендикуляр тегиздикте жайгашуучу борбору жалпы болгон айланалар түрүндө гана болушу мүмкүн. Бул жагдай I_1 жана I_2 жарыш токторунун магниттик индукцияларынын \vec{B}_1 жана \vec{B}_2 векторлору эки токко тең перпендикуляр болгон тегиздикте жатат дегенди билдирет. Ошондуктан, тогу бар өткөргүчкө аракет этүүчү Ампер күчтөрүн эсептөөдө Ампердин законунда $\sin \alpha = 1$ деп алуу керек. Жарыш токтордун магниттик аракеттенишүү законунан I тогу бар түз өткөргүчтүн магнит талаасынын өткөргүчтөн R аралыгындагы индукциясынын модулу

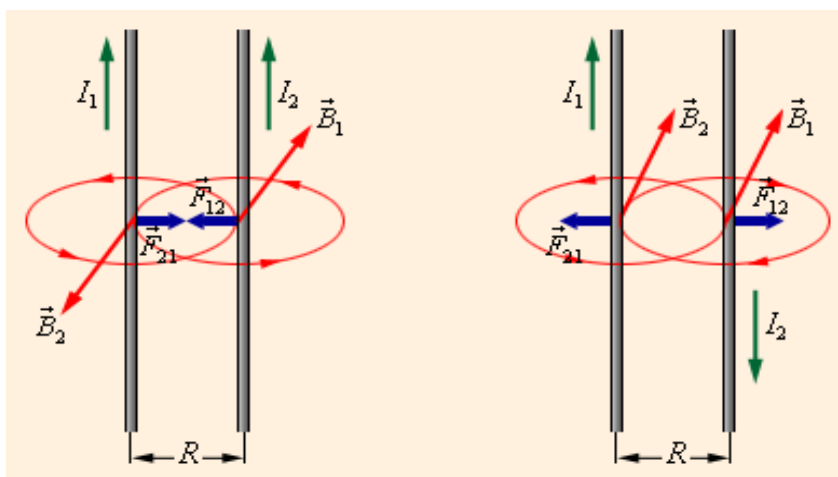
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

катышы аркылуу туюнтулары келип чыгат.

Магниттик аракеттенишүүнүн натыйжасында жарыш бирдей багыттагы токтор бири-бирине тартылышып, ал эми карама-каршы токтор түртүлүшсүн үчүн түз өткөргүчтүн талаасынын магниттик индукция сызыктары өткөргүчтү бойлото токтун багыты боюнча караганда саат жебесинин багыты боюнча багытталышы керек. Түз өткөргүчтүн магнит талаасынын \vec{B} векторунун багытын аныктоо үчүн бурама эрежесинен да пайдаланууга болот: Эгерде айландырганда бурама токтун багыты боюнча жылса, анда бураманын сабынын айлануу багыты \vec{B} векторунун багыты менен дал келет (3.3-сүрөт).



3.3-сүрөт. Тогу бар түз өткөргүчтүн магнит талаасы.



3.4-сүрөт. Бирдей жана карама-каршы багыттагы жарыш токтордун магниттик аракеттенишүүсү.

3.4-сүрөт жарыш токтордун аракеттенишүү законун түшүндүрөт.

Тогу бар жарыш өткөргүчтөрдүн магниттик аракеттенишүүсү бирдиктердин Эл аралык (СИ) системасында токтуң күчүнүн бирдигин – амперди аныктоо үчүн пайдаланылат: *Ампер – вакуумда бири-биринен 1м аралыкта жайгашкан эки жарыш чексиз узун жана ичке өткөргүч аркылуу өтүп жатканда алардын ар бир метр узундугуна $2 \cdot 10^{-7}$ Н го барабар магниттик аракеттенишүү күчүн жараткан турактуу токтуң күчү.*

Иштин тапшырмалары

1. Суроолор

1. Эгерде жарыш өткөргүчтөр бири-бирине тартылышса, анда өткөргүчтөрдөгү токтордун жана алардын арасында жайгашкан чекитте өткөргүчтөрдүн магнит талаасынын индукциясынын багыттары кандай болгон болот?

Жообу:

- Токтор бир багытта өтүшөт, өткөргүчтөрдүн магнит талаасынын индукциясы ар түрдүү тарапты көздөй багытталган;
- Токтор карама-каршы багыттарда өтүшөт, өткөргүчтөрдүн магнит талаасынын индукциясы бир тарапты көздөй багытталган;
- Токтор бир багытта өтүшөт, өткөргүчтөрдүн магнит талаасынын индукциясы бир тарапты көздөй багытталган;

- г) Токтор карама-каршы багыттарда өтүшөт, өткөргүчтөрдүн магнит талаасынын индукциясы ар тарапты көздөй багытталган;
- д) Токтор бир багытта өтүшөт, өткөргүчтөрдүн магнит талаасынын индукциясы да ошол тарапка багытталган.

2. Эгерде жарыш өткөргүчтөрдөгү токтор карама-каршы багыттарда өтүп жатса бул өткөргүчтөр өз ара кандай аракеттенишет, жана өткөргүчтөрдүн арасында жайгашкан чекитте ар бир өткөргүчтүн магнит талаасынын индукциясы кандай багытталган болот?

Жообу:

- а) *Өткөргүчтөр бири-бирине тартылышат, өткөргүчтөрдүн магнит талаасынын индукция векторлору түрдүү тарапты көздөй багытталышкан;*
- б) *Өткөргүчтөр бири-бирине тартылышат, өткөргүчтөрдүн магнит талаасынын индукция векторлору бир тарапты көздөй багытталышкан;*
- в) *Өткөргүчтөр бири-биринен түртүлүшөт, өткөргүчтөрдүн магнит талаасынын индукция векторлору бир тарапты көздөй багытталышкан;*
- г) *Өткөргүчтөр бири-биринен түртүлүшөт, өткөргүчтөрдүн магнит талаасынын индукция векторлору түрдүү тарапты көздөй багытталышкан;*
- д) *Өткөргүчтөр өз ара тартылышат, ар бир өткөргүчтүн магнит талаасынын индукция векторлору тиешелеш токтордун багыттарына жарыш болушат.*

3. Эки өз ара жарыш өткөргүчтөрдүн ар биринен бир багытта $1A$ электр тогу өтөт. Өткөргүчтөрдүн арасындагы аралык $1m$. Эгерде бул аралыкты 2 эсе чоңойтсо, өткөргүчтүн бөлүгүнө аракет этүүчү Ампердин күчү кандай өзгөрөрүн аныктагыла.

Жообу:

- а) *2 эсеге чоңоет;*
- б) *2 эсеге азаят;*
- в) *4 эсеге чоңоет;*
- г) *4 эсеге азаят;*
- д) *өзгөрбөйт.*

4. Эки өз ара жарыш өткөргүчтөрдүн ар биринен түрдүү багыттарда $2A$ электр тогу өтөт. Өткөргүчтөрдүн арасындагы аралык $1m$. Бул

аралыкты 2 эсе азайтканда өткөргүчтүн бөлүгүнө аракет этүүчү Ампер күчү кандай өзгөрөрүн аныктагыла.

Жообу:

- а) 2 эсеге чоңоет;*
- б) 2 эсеге азаят;*
- в) 4 эсеге чоңоет;*
- г) 4 эсеге азаят;*
- д) өзгөрбөйт.*

5. Эки өз ара жарыш чексиз узун өткөргүчтөр аркылуу электр тогу карама-каршы багыттарда өтөт. Алардын арасында жайгашкан чекиттеги ар бир өткөргүчтүн магнит талаасынын индукциясынын багытын аныктагыла.

Жообу:

- а) Ар бир өткөргүчтүн магнит талаасынын индукция вектору тиешелеш токтун багыты менен бирдей багытталган;*
- б) Ар бир өткөргүчтүн магнит талаасынын индукция вектору тиешелеш токтун багытына каршы багытталган;*
- в) Ар бир өткөргүчтүн магнит талаасынын индукция вектору борбору өткөргүчтөрдүн огунда жаткан айланаларга жаныманы бойлото бир тарапты көздөй багытталган;*
- г) Ар бир өткөргүчтүн магнит талаасынын индукция вектору борбору өткөргүчтөрдүн огунда жаткан айланаларга жаныманы бойлото түрдүү тарапка багытталган;*
- д) Ар бир өткөргүчтүн магнит талаасынын индукциясынын багытын аныктоо мүмкүн эмес.*

6. Эки жарыш өткөргүчтүн ар биринен түрдүү багыттарда 1А электр тогу өтөт. Өткөргүчтөрдүн арасындагы аралык 1м. Өткөргүчтөрдүн арасындагы аралыкты 2 эсе ге азайтып, өткөргүчтөрдүн бириндеги ток күчүн 4 эсе ге чоңойткондо өткөргүчтүн бөлүгүнө аракет этүүчү Ампер күчү кандай өзгөрөрүн аныктагыла.

Жообу:

- а) 2 эсеге чоңоет;*
- б) 2 эсеге азаят;*
- в) 4 эсеге чоңоет;*
- г) 4 эсеге азаят;*
- д) 8 эсеге чоңоет.*

2. Маселелер

1. Эки чексиз узун жарыш өткөргүчтөр аркылуу түрдүү багыттарда $1A$ жана $2A$ ток өтөт. Өткөргүчтөрдүн арасындагы аралык $0,8m$. Ар бир өткөргүчтөн $0,8m$ аралыктагы магнит талаасынын индукциясынын багытын жана чоңдугун аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $B_{12} = Tл,$ $B_{21} = Tл.$

2. Бири-биринен $1m$ аралыкта өз ара жарыш жайгашкан өткөргүчтөрдөгү токтун күчү тиешелүү түрдө $1A$ жана $2A$ ге барабар. Токтор бир багытта өтүшөт. Ар бир өткөргүчтөн $1m$ аралыктагы магнит талаасынын индукциясын аныктагыла. Экинчи өткөргүчтүн индукциясы модулу боюнча биринчи өткөргүчтүн индукциясынан канча эсе чоң? Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: ___ эсеге.

3. Бири-биринен $0,5m$ аралыкта жайгашкан эки узун жарыш өткөргүчтөр аркылуу тиешелүү түрдө $2A$ жана $1,5A$ ток түрдүү багыттарда өтөт. Өткөргүчтөрдүн арасындагы аралыкты 2 эсе чоңойткондо алардын өз ара аракеттенишүү күчү канча эсеге азаярын аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: ___ эсеге.

4. Бири-биринен $0,5m$ аралыкта жайгашкан эки узун жарыш өткөргүчтөр аркылуу бир багытта ток өтөт. Өткөргүчтөрдүн ар бириндеги ток күчү $2A$. Алардын арасындагы аралыкты үч эсе чоңойткондо өткөргүчтөрдүн өз ара аракеттенишүү күчү канча эсеге өзгөрөт? Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: ___ эсеге.

3. Эксперименттер

1. Түз токтун айланасындагы магнит талаасынын индукциясын изилдегиле.

2. Бир тектүү магнит талаасына жайгаштырылган тогу бар алкакка аракет этүүчү күчтүн моментин изилдегиле.

Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун тартиби

1. Окуу китептерин, иштин баяндамасын пайдаланып ишке керектүү теориялык материал менен таанышкыла жана дептериңерге кыскача конспект түзгүлө.
2. Иштин тапшырмаларындагы суроолордун туура жоопторун тандап 3.1-таблицанын жана, маселелерди чыгарып, 3.2-таблицанын «Алдын ала эсептегенде» бөлүгүнүн «упайга» чейинки графаларын толтургула.
3. Виртуалдык лабораториялык ишти аткарууга даярдагыла. Ал үчүн «Открытая физика 2.5 (часть 2)» окутуучу компьютердик программасынан «Лабораторная работа 1.3. Взаимодействие параллельных токов» темасын ачкыла. Экранда төмөнкү картина пайда болот. Сүрөттү көңүл коюп карап, бардык жөнгө салгычтарды ж.б. башкаруучу элементтерди тапкыла.

The screenshot shows a web-based interface for a virtual physics laboratory. The main window displays the title "Лабораторная работа 1.3. Взаимодействие параллельных токов" (Laboratory work 1.3. Interaction of parallel currents). On the left, there is a diagram of two parallel wires with currents I_1 and I_2 flowing in the same direction. Magnetic field lines are shown around each wire, and the resulting field B and force F are indicated. On the right, there are input fields for current values and distance, and a list of calculated values:

- $I_1 = 1.0$ A
- $I_2 = 1.5$ A
- $R = 1.00$ м
- $B_{12} = 2.00 \cdot 10^{-7}$ Т
- $B_{21} = -3.00 \cdot 10^{-7}$ Т
- $F_{12} = -3.00 \cdot 10^{-7}$ Н/м
- $F_{21} = 3.00 \cdot 10^{-7}$ Н/м

Below the diagram, there is a question: "Вопрос №1: Каковы направления тока в проводах и индукции магнитного поля от проводов в точке, расположенной между проводниками, если параллельные провода притягиваются?" (Question №1: What are the directions of current in the wires and the induction of the magnetic field from the wires in a point located between the conductors, if parallel wires attract?). There are four multiple-choice options. A "ПРОВЕРИТЬ" (CHECK) button is located below the question. At the bottom, there are links for "Вопросы для лабораторных работ" (Questions for laboratory work) and "Задачи для лабораторных работ" (Problems for laboratory work).

Компьютердик модель жарыш токтордун магниттик өз ара аракеттенишүүлөрүн изилдөөгө арналган эксперименттин иллюстрациясы болуп эсептелет. Бул эксперимент амперди (А) - ток күчүнүн СИ системасындагы бирдигин аныктоонун негизи катары кабыл алынган. Жарыш өткөргүчтөрдөгү токтордун күчүн жана алардын ортосундагы аралыкты өзгөртүүгө болот. Дисплейде бир өткөргүчтөгү токтун экинчи өткөргүч

жайгашкан чекиттеги магнит талаасынын индукциясынын B (көк түстө) жана өткөргүчтүн ар биринин бирдик узундугуна аракет этүүчү Ампердин күчтөрүнүн F (кызыл түстө) маанилери эсептелип көрсөтүлүп турат. (Эксперимент талаасында магниттик индукциянын бирдиги Т деп жазылып калган, аны Тл деп түзөтүп окугула)

4. Экрандын оң тарабындагы программаны пайдаланып лабораториялык иштин суроолорунун тандалган жоопторунун (3.1-таблица) жана маселелердин чыгарылышынын (3.2-таблица) тууралыгын кезеги менен текшергиле. Жообуңар туура болсо - 1, ката болсо – 0 упай коюп, таблицалардын «Алдын ала эсептегенде. Упай» графасын толтургула.

Суроолорлордун жооптору

3.1-таблица

Суроо	<i>Алдын - ала даярдык</i>				<i>Виртуалдык экспериментте</i>		<i>Орточо упай</i>
	<i>таяныч формула</i>	<i>жумушчу формула</i>	<i>жообу</i>	<i>упай</i>	<i>жообу</i>	<i>упай</i>	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
<i>Жалпы упай:</i>							

5. Экрандын сол тарабындагы моделди пайдаланып, кезеги менен иштеги ар бир суроонун жана маселенин шартындагы жагдай так аткарылгандай кылып виртуалдык эксперимент жүргүзгүлө. Процессти моделдештирүү үчүн чоңдуктардын суроолордун же маселелердин шартындагы тиешелүү маанилеринен пайдалангыла. Ар бир эксперименттин натыйжасын таблицалардын «Виртуалдык экспериментте. Жообу» графасына, ал эми аларды текшерүүнүн натыйжасын «упай» графасына (*1 же 0*) жазгыла.

Маселелердин жооптору

3.2-таблица

Маселе	Алдын - ала даярдык				Виртуалдык экспериментте		Орточо упай
	таяныч формула	жумушчу формула	жообу	упай	жообу	упай	
1							
2							
3							
4							
<i>Жалпы упай:</i>							

6. Суроолор жана маселелер боюнча орточо жана жалпы упайларды эсептеп, тиешелүү графаларды толтургула.

7. Эгерде айрым суроолордун же маселелердин жооптору ката болуп калса, анын себептерин талдагыла. Туура жоопторду аныктап, түшүнүүгө жана эстеп калууга аракеттенгиле.

8. Програмадагы моделди пайдаланып, иштин тапшырмаларындагы эксперименттерди жүргүзгүлө жана тиешелүү тыянактарды жасагыла.

8.1. Вакуумда тогу бар түз өткөргүчкө перпендикуляр тегиздиктин түрдүү чекиттериндеги магнит талаасынын индукциясынын чоңдугунун өткөргүчтөгү токтун күчүнүн чоңдугунан жана ал чекиттен өткөргүчкө чейинки аралыктан, ал эми багытынын – өткөргүчтөн өтүп жаткан токтун багытынан көз карандылыктарынын мүнөзүн аныктоо үчүн төмөнкүдөй тажрыйбаларды жасоо сунуш кылынат:

- Моделдеги өткөргүчтөрдүн биринде, мисалы, экинчисинде токтун күчүн турактуу деп эсептеп ($I_2 = const$), ал жайгашкан чекитте ($R = R_1$) биринчи өткөргүчтүн магнит талаасынын индукциясынын андагы ток күчүнүн чоңдугунан көз карандылыгын ($B(\bullet)$) изилдегиле. Экспериментти аралыктын башка ($R = R_2$ жана $R = R_3$) маанилери үчүн кайталагыла, натыйжаларын 3.3-таблицага түшүргүлө.

Түз токтун магнит талаасынын индукциясынын андагы ток күчүнүн чоңдугунан көз карандылыгы ($I_2 = A$)

3.3-таблица

	I_1, A									
$R_1 =$	$B'(I)$									
$R_2 =$	$B''(I)$									
$R_3 =$	$B'''(I)$									

- Биринчи өткөргүчтөгү токтуң түрдүү үч (I_1, I_1, I_1) маанилери үчүн $B(R)$ көз карандылыктарын тажрыйбада аныктагыла жана анын натыйжаларын 3.4-таблицага түшүргүлө.

Түз токтуң магнит талаасынын индукциясынын аралыктан көз карандылыгы ($I_2 = A$)

3.4-таблица

	$R, \text{см}$										
$I_1' =$	$B'(R)$										
$I_1'' =$	$B''(R)$										
$I_1''' =$	$B'''(R)$										

- Түз токтуң магнит талаасынын индукция векторунун мейкиндиктин түрдүү чекиттериндеги багытынын өткөргүчтөгү токтуң багыты менен байланышын аныктагыла.

- Эксперименттин натыйжаларын пайдаланып $B(I)$ жана $B(R)$ көз карандылыктарынын графиктерин тургузгула жана тиешелүү тыянактарды, эрежелерди жазгыла.

8.2. Тогу бар алкакка магнит талаасы тарабынан аракет этүүчү күчтүн моментинин чоңдугун жана багытын аныктоо үчүн программадагы «1.8. Магнит талаасына жайгаштырылган тогу бар алкак» моделинен пайдалангыла.

Ар кандай, мисалы, тик бурчтук формасындагы тогу бар алкак турактуу магниттик моментке ээ. Анын чоңдугу $\vec{p}_m = IS\vec{n}$, (мында I - ток күчү, S - алкактын аянты), ал эми багыты – алкактын тегиздигине тургузулган оң нормалдын багыты менен дал келет ($\vec{p}_m \uparrow \uparrow \vec{n}$). Индукциясы \vec{B} болгон бир тектүү магнит талаасына жайгаштырылган мындай алкакка, Ампердин законуна ылайык, кош күч аракет кылат. Ал күчтөрдүн моментинин чоңдугу $M = p_m B \sin \alpha$ га барабар, мында α - \vec{p}_m жана \vec{B} векторлорунун арасындагы бурч.

- Моделде \vec{B} жана α ны өзгөртүп, алкакка аракет этүүчү кош күчтүн моментинин \vec{B} дан ($\alpha = const$) жана α дан ($\vec{B} = const$) көз карандылыктарын моделдештирип изилдегиле жана анын натыйжаларын 3.5-3.6-таблицага түшүргүлө.

Алкакка аракет этүүчү күчтүн моментинин магнит талаасынын индукциясынан көз карандылыгы ($\vec{p}_m =$)

3.5-таблица

	\vec{B} , Тл								
$\alpha_1 = 30^\circ$	$M_1(B)$								
$\alpha_2 = 60^\circ$	$M_2(B)$								
$\alpha_3 = 90^\circ$	$M_3(B)$								

Алкакка аракет этүүчү күчтүн моментинин алкактын магнит талаасындагы абалынан көз карандылыгы ($\vec{p}_m =$)

3.6-таблица

	α								
$B_1 =$	$M_1(\alpha)$								
$B_2 =$	$M_2(\alpha)$								
$B_3 =$	$M_3(\alpha)$								

- 3.5-3.6-таблицаалардагы маалыматтарды пайдаланып $M(B)$ жана $M(\alpha)$ көз карандылыктарынын графиктерин тургузгула жана тиешелүү тыянактарды жасагыла.
- Моделдеги α га жараша алкактын бөлүктөрүнө аракет этүүчү күчтөрдүн F_x, F_y, F_z түзүүчүлөрүнүн чоңдуктарынын жана багыттарынын өзгөрүшүнө көз салгыла жана аларды Ампердин эрежесинин (сол кол эрежеси) негизинде түшүндүрүүгө аракет кылгыла.

Билимди текшерүү үчүн суроолор

1. Электрдик жана магниттик кубулуштардын өз ара байланышын чагылдырган мисалдарды санагыла.
2. Магниттик индукция векторунун физикалык мааниси кандай? Анын чоңдугун жана багытын аныктоонун жолдорун түшүндүргүлө.
3. Магниттик индукция сызыктары электростатикалык талаанын күч сызыктарынан кандайча айырмаланат жана ал айырмачылык эмнени туюнтат?
4. Ампердин законун айтып жана түшүндүрүп бергиле.
5. Ампердин күчүнүн табияты, чоңдугу жана багыты кандай?
6. Токтордун магниттик аракеттенишүүлөрүнүн практикалык колдонулуштарына мисалдар келтиргиле.
7. Бирдиктердин Эл аралык (СИ) системасында ток күчүнүн бирдиги – амперди кандайча аныкташат?

4. ЭЛЕКТР ЗАРЯДЫНЫН МАГНИТ ТАЛААСЫНДАГЫ КЫЙМЫЛЫ

Иштин максаты:

- Заряддуу бөлүкчөнүн бир тектүү магнит талаасындагы кыймылын моделдештирүү.
- Магниттик индукция векторунун, заряддуу бөлүкчөнүн кыймылынын ылдамдыгынын жана ага аракет этүүчү күчтүн (Лоренц күчүнүн) арасындагы байланышты өздөштүрүү.
- Бир тектүү магнит талаалары колдонулган приборлордун, курулмалардын иштөө принциптери менен таанышуу.

Иштин кыскача теориясы

Магнит талаасы тогу бар өткөргүчкө Ампер күчү аркылуу аракет этери белгилүү. Ал эми ток – заряддалган бөлүкчөлөрдүн иреттүү кыймылы экендигин эске алсак, анда магнит талаасы өткөргүчтө токту түзүп кыймылдаган ар бир зарядка аракет этет деп эсептөөгө болот. Демек, электр зарядынын магнит талаасындагы кыймылынын мүнөзү ал күчтүн чоңдугуна жана багытына жараша болот.

\vec{B} магнит талаасында ток күчү I болгон өткөргүчтүн Δl узундуктагы кесиндисине аракет этүүчү Ампердин

$$F = IB\Delta l \sin \alpha$$

күчүн айрым заряддуу бөлүкчөлөргө аракет этүүчү күчтөр аркылуу туюнтуп алууга болот.

Өткөргүчтөгү заряддуу эркин бөлүкчөлөрдүн концентрациясы n , бөлүкчөнүн заряды q болсун дейли. Анда $nq\upsilon S$ көбөйтүндүсү өткөргүч аркылуу өтүп жаткан ток күчүнө барабар:

$$I = qn\upsilon S,$$

мында υ - заряддуу бөлүкчөлөрдүн өткөргүчтөгү иреттүү кыймылынын ылдамдыгынын модулу, S - өткөргүчтүн туура кесилишинин аянты.

Ампердин күчү үчүн туюнтманы

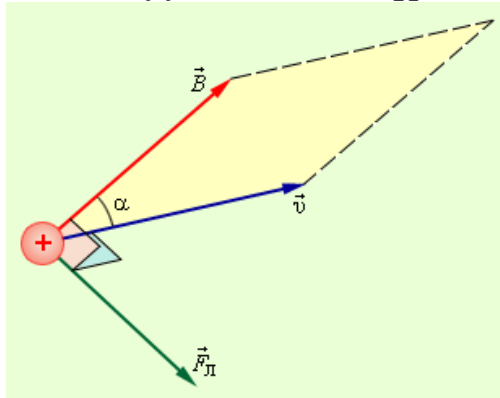
$$F = qnS\Delta l\upsilon B \sin \alpha$$

түрүндө жазып алалы. Узундугу Δl жана туура кесилиши S болгон өткөргүчтөгү заряддуу эркин бөлүкчөлөрдүн толук саны $N = nS\Delta l$ болорун эске алсак, анда бир заряддуу бөлүкчөгө аракет этүүчү күч

$$F_{\text{л}} = q\upsilon B \sin \alpha.$$

Бул күчтү *Лоренц күчү* деп аташат. Бул туюнтмадагы α - ылдамдык вектору \vec{v} менен магниттик индукция вектору \vec{B} нын арасындагы бурч. Оң зарядга аракет этүүчү Лоренц күчүнүн багыты, Ампер күчүнүн

багыты сыяктуу эле, сол кол эрежеси же бурама эрежеси боюнча аныкталышы мүмкүн. Оң заряддуу бөлүкчө үчүн \vec{v} , \vec{B} жана \vec{F}_L векторлорунун өз ара жайгашуу абалы 4.1-сүрөттө көрсөтүлгөн.

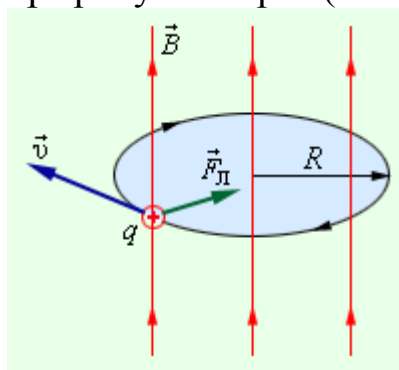


4.1-сүрөт. \vec{v} , \vec{B} жана \vec{F}_L векторлорунун өз ара жайгашуу абалы. Лоренц күчү \vec{F}_L дин модулу сан жагынан \vec{v} жана \vec{B} векторлоруна түзүлгөн параллелограммдын аянтын q зарядына көбөйткөнгө барабар.

Лоренц күчү \vec{v} жана \vec{B} векторлоруна перпендикуляр багытталат. Заряддуу бөлүкчө магнит талаасында кыймылдаган кезде Лоренц күчү жумуш аткарбайт. Ошондуктан кыймылдагы бөлүкчөнүн ылдамдык векторунун модулу өзгөрбөйт. Эгерде бөлүкчө \vec{B} векторуна перпендикуляр тегиздикте \vec{v} ылдамдыгы менен бир тектүү магнит талаасына учуп кирсе, анда ал Лоренц күчүнүн аракетин менен радиусу

$$R = \frac{mv}{qB}$$

болгон айлана боюнча кыймылга келет. Лоренц күчү бул учурда борборго умтулуучу күчтүн ролун аткарат (4.2-сүрөт).



4.2-сүрөт. Заряддуу бөлүкчөнүн бир тектүү магнит талаасындагы айланма кыймылы.

Бөлүкчөнүн бир тектүү магнит талаасындагы айлануу мезгили

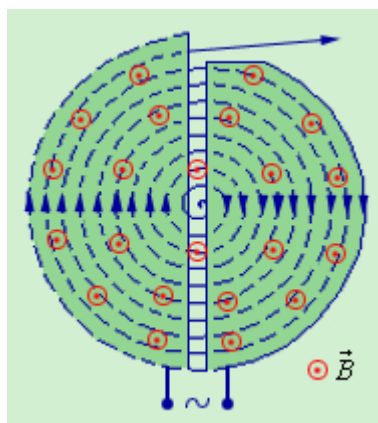
$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

Бул туюнтма берилген m массадагы заряддуу бөлүкчөлөр үчүн айлануу мезгили алардын v ылдамдыгынан жана траекторияларынын R радиусунан көз каранды болбой тургандыгын көрсөтөт.

Заряддуу бөлүкчөнүн айлана боюнча кыймылынын бурчтук ылдамдыгы

$$\omega = \frac{v}{R} = v \frac{qB}{mv} = \frac{qB}{m}$$

циклотрондук жыштык деп аталат. Циклотрондук жыштык бөлүкчөнүн ылдамдыгынан (демек, кинетикалык энергиясынан да) көз каранды болбойт. Бул жагдай циклотрондордо – оор бөлүкчөлөрдү (протондорду, иондорду) тездеткичтерде (ылдамдаткычтарда) колдонулат. Циклотрондун принципалдык схемасы 4.3-сүрөттө келтирилди.

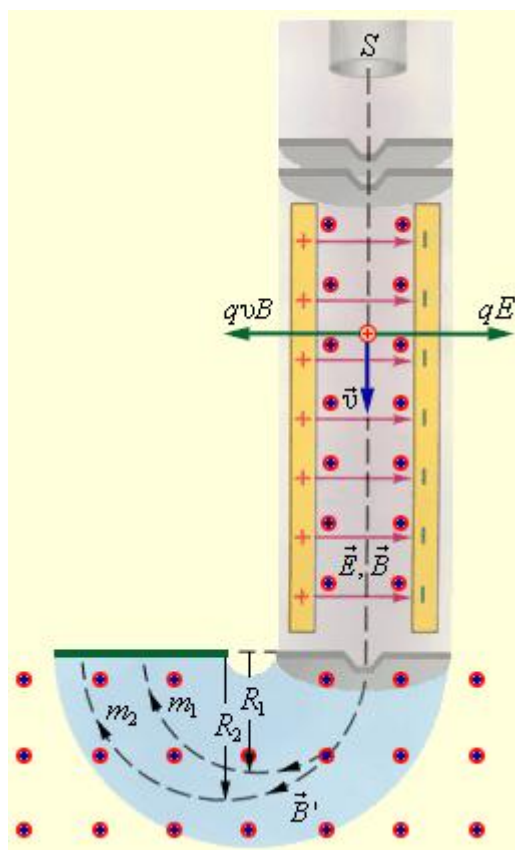


4.3-сүрөт. Заряддуу бөлүкчөлөрдүн циклотрондун вакуумдук камерасындагы кыймылы.

Күчтүү электромагниттин уюлдарынын арасына вакуумдук камера орнотулат, анда көңдөй металл жарым цилиндрлер (дуанттар) көрүнүшүндөгү эки электрод жайгашкан. Дуанттарга өзгөрүлмө, жыштыгы циклотрондук жыштыкка барабар болгон, электрдик чыңалуу берилет. Заряддуу бөлүкчөлөр вакуумдук камеранын борборунан бүркүлүп киргизилет жана дуанттардын арасындагы электр талаасынын аракетин менен ылдамдатылган кыймылга келет. Дуанттардын ичинде бөлүкчөлөр Лоренц күчүнүн аракетин менен радиусу бөлүкчөлөрдүн энергиясынын көбөйүшү менен кошо чоңоюп баруучу жарым айланалар боюнча кыймылдашат. Бөлүкчө дуанттардын ортосундагы бош аралыкты өтүп жаткан ар бир жолу электр талаасы тарабынан ылдамдатылат. Мына ошентип, бардык башка тездеткичтердегидей эле, циклотрондо заряддуу бөлүкчө электр талаасынын жардамында

ылдамдатылат, ал эми магнит талаасынын жардамында траекторияда кармалат. Циклотрондор протондорду 20 МэВ тартибиндеги энергияларга чейин ылдамдатууга мүмкүндүк берет.

Бир тектүү магнит талаалары көптөгөн приборлордо, мисалы, массалык спектрометрлерде пайдаланылат. *Масс-спектрометр* – заряддуу бөлүкчөлөрдүн - иондордун же түрдүү атомдордун ядролорунун массасын аныктоого мүмкүн болгон курулма. Масс-спектрометрлер изотопторду, б.а. атомдордун заряддары бирдей, бирок массалары түрдүүчө болушкан ядролорун (мисалы, ^{20}Ne жана ^{22}Ne) бөлүп ажыратуу үчүн пайдаланылат. Жөнөкөй масс-спектрометр 4.4-сүрөттө көрсөтүлгөн. S булагынан учуп чыгуучу иондор ичке агымды калыптандыруучу бир нече майда тешиктер аркылуу өтүшөт. Андан ары алар ылдамдыктардын селекторуна (элегине) туш келишет, мында бөлүкчөлөр өз ара кайчылашкан бир тектүү электр жана магнит талааларында кыймылдашат.

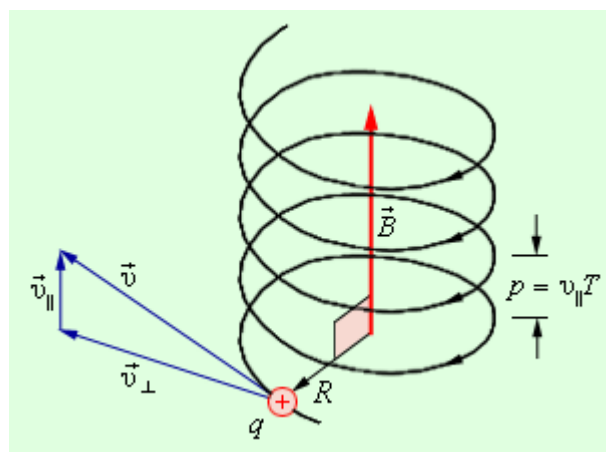


4.4-сүрөт. Ылдамдыктардын селектору жана масс-спектрометр. Сүрөттөгү чекиттер (•) магнит талаасынын индукция вектору барактын тегиздигинен тик жогору, бизди көздөй багытталгандыгын билдирет. Барактын бетине тик төмөн (бизден нары) көздөй багытталган магнит талаасы кошуу (+) белгисинин жардамында сүрөттөлөт. Алардын тыгыздыгы индукциянын чоңдугуна пропорциялаш жана талаанын мейкиндиктик бөлүштүрүлүшүн чагылтат.

Электр талаасы жалпак конденсатордун пластиналарынын арасында, ал эми магнит талаасы – электромагниттин уюлдарынын арасындагы бош мейкиндикте түзүлөт. Заряддуу бөлүкчөлөрдүн баштапкы \vec{v} ылдамдыгы \vec{E} жана \vec{B} векторлоруна перпендикуляр багытталган. Өз ара кайчылашкан электр жана магнит талааларында кыймылдоочу бөлүкчөгө qE электрдик күчү жана Лоренцтин магниттик күчү аракет этишет. $E = vB$ болгон кезде бул күчтөр бирин-бири так теңдештиришет. Бул шарт аткарылса бөлүкчө бир калыпта жана түз сызыктуу кыймылдайт жана конденсатор аркылуу учуп өтүп, экрандагы тешиктен чыгат. Электр жана магнит талааларынын берилген маанилеринде селектор $v = E/B$ ылдамдыгы менен кыймылдоочу бөлүкчөлөрдү бөлүп берет. Андан ары бирдей ылдамдыкка ээ болушкан бөлүкчөлөр масс-спектрометрдин ичинде бир тектүү B^1 магнит талаасы түзүлгөн камерасына учуп киришет. Камерада бөлүкчөлөр, магнит талаасына перпендикуляр болгон тегиздикте, Лоренц күчүнүн аракети менен кыймылдашат. Бөлүкчөлөрдүн траекториялары радиустары $R = mv/qB^1$ болгон айланалар көрүнүшүндө болот. v жана B^1 дин белгилүү маанилеринде траекториялардын радиустарын өлчөө аркылуу q/m катышын аныктай алабыз. Изотоптордун ($q_1 = q_2$) учурунда масс-спектрометр түрдүү массага ээ болушкан бөлүкчөлөрдү бири-биринен бөлүп, ажыратууга мүмкүндүк берет.

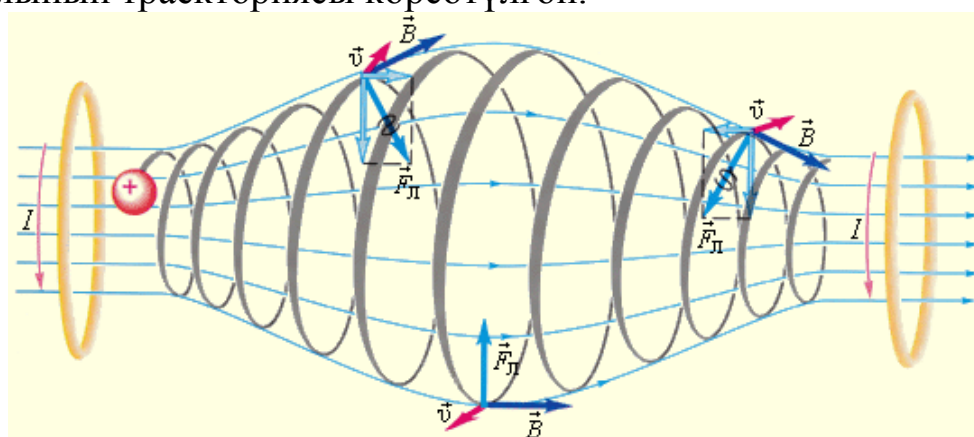
Азыркы масс-спектрометрлер заряддуу бөлүкчөлөрдүн массаларын 10^{-4} төн жогорку тактыкка чейин өлчөөгө мүмкүндүк берет.

Эгерде бөлүкчөнүн ылдамдыгы \vec{v} магнит талаасынын багыты боюнча $v_{||}$ түзүүчүсүнө ээ болсо, анда бул бөлүкчө бир тектүү магнит талаасында спираль боюнча кыймылга келет. Спиралдын радиусу v векторунун магнит талаасына перпендикулярдуу v_{\perp} түзүүчүсүнүн модулуна көз каранды, ал эми спиралдын кадамы $p - v_{||}$ түзүүчүсүнүн модулуна көз каранды болот (4.5-сүрөт).



4.5-сүрөт. Заряддуу бөлүкчөнүн бир тектүү магнит талаасында спираль боюнча кыймылы.

Мына ошентип, заряддуу бөлүкчөнүн траекториясы магниттик индукциянын сызыктарына оролгондой элес калтырат. Бул кубулуш техникада жогорку температурадагы плазманы, б.а. 10^6 K тартибиндеги температурадагы толук иондошкон газды магниттик термоизоляциялоо үчүн пайдаланылат. Мындай абалдагы зат башкарылуучу термоядролук реакцияларды изилдөө үчүн жасалган «Токамак» (Россия) тибиндеги курулмаларда алынат. Плазма камеранын дубалдарына тийбей туруш керек. Плазманы термоизоляциялоо өзгөчө конфигурациядагы магнит талаасын түзүү жолу менен ишке ашырылат. Мисал катары 4.6-сүрөттө заряддалган бөлүкчөнүн магниттик «бөтөлкөдөгү» (же тузактагы) кыймылынын траекториясы көрсөтүлгөн.

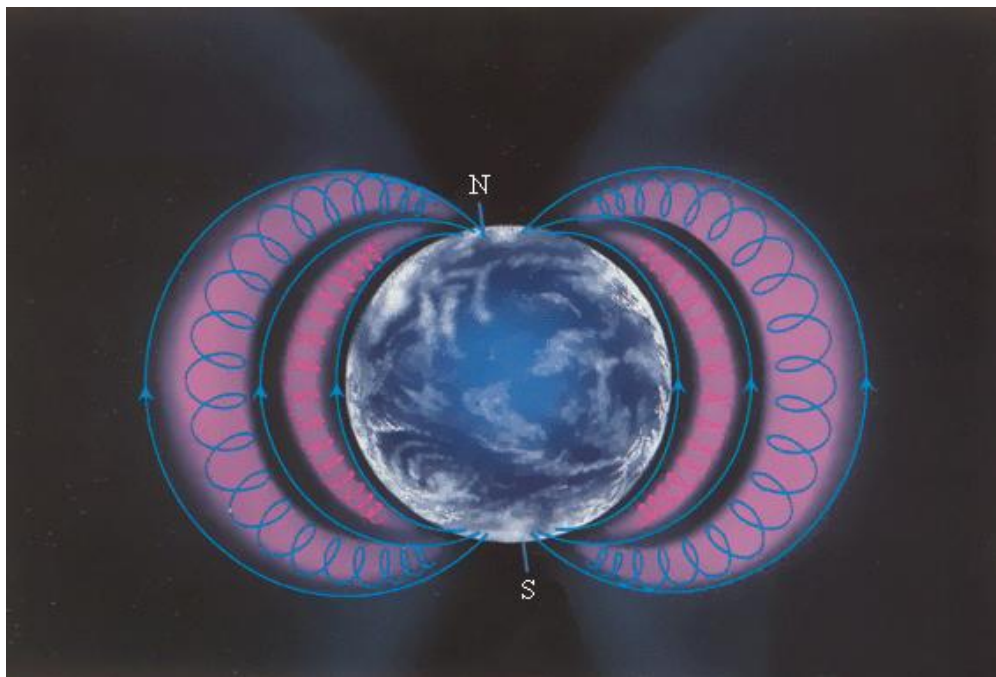


4.6-сүрөт. Магниттик «бөтөлкө». Заряддуу бөлүкчөлөр «бөтөлкөнүн» чегинен чыгышпайт. «Бөтөлкөнүн» магнит талаасы тогу бар эки тегерек түрмөктүн жардамында түзүлүшү мүмкүн.

Жогорудагыга окшогон кубулуштар Жердин магнит талаасында да болуп турат. Жердин магнит талаасы космос мейкиндигинен келген заряддуу бөлүкчөлөрдүн агымынан бардык тирүү организмдерди

коргойт. Космостон (негизинен Күндөн) келүүчү тез кыймылдоочу заряддуу бөлүкчөлөр Жердин магнит талаасы тарабынан «кармалып», «радиациялык алкактарды» түзүшөт (4.7-сүрөт). Бул алкактардын ичинде бөлүкчөлөр, магниттик тузактардагыдай, спираль сыяктуу траекториялар боюнча Жердин түндүк жана түштүк магниттик уюлдарынын арасында өтө тез, секунданын үлүшүнчөлүк тартиптеги убакыттарда алдыга-артка жылып кыймылдап турат. Уюлдук аймактарда гана бөлүкчөлөрдүн айрым бир бөлүгү атмосферанын жогорку катмарларына сүңгүп кирип, уюлдук жаркыроолорду пайда кылат. Жердин радиациялык алкактары 500 км ден ондогон жер радиусунчалык аралыктарга созулат.

Жердин магниттик түштүк уюлу анын географиялык түндүк уюлуна жакын (Гренландиянын түндүк-батышында) жайгашканын эстей жүрүү зарыл. Жердин магниттелишинин табияты ушул кезге чейин толук изилденип бүтө элек.



4.7-сүрөт. Жердин радиациялык алкактары. Күндөн чыккан өтө тез кыймылдоочу заряддуу бөлүкчөлөр (негизинен электрондор жана протондор) радиациялык алкактардын магниттик тузактарына кармалышат. Бөлүкчөлөр уюлдук аймактарда алкактардан чыгып, атмосферанын үстүнкү катмарларына кириши жана уюлдук жаркыроолорду пайда кылышы мүмкүн.

Иштин тапшырмалары

1. Суроолор

1. Эгерде заряддын чоңдугун Z эсе чоңойтуп, ал эми ылдамдыгын Z эсе ге азайтса, анда магнит талаасында кыймылдаган зарядга аракет этүүчү күч.....

Жообу:

- Z эсеге азаят
- Z эсеге чоңоет
- 9 эсеге чоңоет
- 9 эсеге азаят
- өзгөрбөйт.

2. Электрон индукциясы $B = 2 \text{ мТл}$ болгон бир тектүү магнит талаасына, анын индукция сызыктарына перпендикуляр багытта, $v = 8 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ ылдамдыгы менен учуп кирет. Электронду айлана боюнча бир толук айландырып чыгуу үчүн талаа кандай жумуш аткарат?

Жообу:

- 160 Дж
- 40 Дж
- $40 \pi \text{ Дж}$
- 0 Дж
- $320 \pi \text{ Дж}$.

3. Магниттик индукциясы $B = 2 \text{ мТл}$ болгон жана тик жогору көздөй багытталган магнит талаасына жайгаштырылган кыймылсыз электрон кандайча кыймылга келет?

Жообу:

- а) жогору көздөй бир калыпта*
- б) жогору көздөй бир калыпта ылдамдатылган*
- в) төмөн көздөй бир калыпта*
- г) \vec{B} векторуна перпендикулярдуу тегиздикте айлана боюнча*
- д) кыймылсыз кала берет.*

4. Протон бир тектүү магнит талаасына анын индукция вектору менен 60° тук бурчту түзгөндөй багытта учуп кирет. Протондун траекториясы.....

Жообу:

- а) түз сызык*

- б) айлана
- в) спираль сызыгы
- г) парабола
- д) гипербола.

5. Электрон бир тектүү магнит талаасында анын индукция векторуна перпендикуляр багытта кыймылдайт. Эгерде электрондун кыймылынын ылдамдыгын 2 эсе ге, ал эми магнит талаасынын индукциясын 4 эсе ге чоңойтсо электрондун орбитасынын радиусу кандай өзгөрөт?

Жообу:

- а) 8 эсеге чоңоет
- б) 2 эсеге чоңоет
- в) 8 эсеге кичирейет
- г) 4 эсеге кичирейет
- д) 2 эсеге кичирейет.

6. Индукциясы \vec{B} болгон магнит талаасына бирдей ылдамдыктагы эки электрон учуп кирет. Биринчи электрон магниттик индукция векторуна жарыш, ал эми экинчи электрон – перпендикуляр багытта кыймылдашат. Магнит талаасы тарабынан электронго аракет этүүчү күч.....

Жообу:

- а) нөлдөн айырмалуу, бирок биринчи жана экинчи учурларда алар бири-бирине тең эмес
- б) биринчи электрон үчүн гана нөлдөн айырмалуу
- в) экинчи электрон үчүн гана нөлдөн айырмалуу
- г) нөлдөн айырмалуу жана биринчи жана экинчи учурлар үчүн бирдей
- д) жогоруда келтирилгендердин арасында туура жообу жок.

2. Маселелер

1. Электрон магнит талаасына анын индукция сызыктарына перпендикуляр багытта $v = 7 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ ылдамдыгы менен учуп кирет. Электрондун орбитасынын радиусу $R = 0,2 \text{ м}$. Магнит талаасынын индукциясы канчага барабар экендигин аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $B = \quad \text{Тл.}$

2. Электрон индукциясы $B = 1\text{мТл}$ болгон магнит талаасына анын индукциясынын күч сызыктарына перпендикуляр багытта $v = 7 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ ылдамдыгы менен учуп кирет. Электрондун орбитасынын радиусу канчага барабардыгын аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $R = \quad \text{м.}$

3. Индукциясы $B = 1\text{мТл}$ болгон магнит талаасында электрон магнит талаасынын индукция сызыктарына перпендикуляр багытта $v = 8 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ ылдамдыгы менен кыймылдайт. Электрондун орбитасынын радиусун жана электрон орбитасын бир толук айлануусу үчүн зарыл болгон убакытты аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $R = \quad \text{м,} \quad t = \quad \text{с.}$

4. Электрон индукциясы $B = 1\text{мТл}$ болгон бир тектүү магнит талаасында кыймылдайт. Электрондун ылдамдыгынын магнит талаасынын \vec{B} индукция сызыктарына перпендикуляр түзүүчүсү $v_x = 8 \cdot 10^7 \text{ м/с}$, ал эми жарыш түзүүчүсү $v_z = 5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$. Электрондун магнит талаасына перпендикуляр тегиздиктеги орбитасынын айлана радиусун аныктагыла. Электрондун ылдамдыгынын v_z түзүүчүсү өскөн кезде анын магнит талаасына перпендикуляр тегиздиктеги орбитасынын айлана радиусу өзгөрөбү? Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $R = \quad \text{м.}$

3. Эксперименттер

1. Бир тектүү магнит талаасына перпендикуляр багытта бирдей ылдамдык менен учуп киришкен түрдүү массадагы заряддалган бөлүкчөлөрдүн кыймылынын жалпы өзгөчөлүктөрүн изилдегиле.

2. «Ылдамдыктын селекторунун» иштөө принцибин өздөштүргүлө. Виртуалдык эксперимент жүргүзүп, белгилүү ылдамдык менен кыймылдаган бөлүкчөлөрдү бөлүп өткөрүү үчүн кандай шарттарды камсыз кылуу керектигин аныктагыла.

Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун тартиби

1. Окуу китептерин, иштин баяндамасын пайдаланып ишке керектүү теориялык материал менен таанышкыла жана дептериңерге кыскача конспект түзгүлө.
2. Иштин тапшырмаларындагы суроолордун туура жоопторун тандап 4.1-таблицанын жана, маселелерди чыгарып, 4.2-таблицанын «Алдын ала эсептегенде» бөлүгүнүн «упайга» чейинки графаларын толтургула.
3. Виртуалдык лабораториялык ишти аткарууга даярдагыла. Ал үчүн «Открытая физика 2.5 (часть 2)» окутуучу компьютердик программасынан «Лабораторная работа 1.4. Движение заряда в магнитном поле» темасын ачкыла. Экранда төмөнкү картина пайда болот. Сүрөттү көңүл коюп карап, бардык жөнгө салгычтарды ж.б. башкаруучу элементтерди тапкыла.

Лабораторная работа 1.4. Движение заряда в магнитном поле

Глава 1. Электродинамика

Лабораторная работа 1.4. Движение заряда в магнитном поле

$v_x = 7.0 \cdot 10^7 \text{ м/с}$
 $v_z = 4.0 \cdot 10^5 \text{ м/с}$
 $B = 1.0 \text{ мТл}$

$t = 0$
 $R = 39.83 \text{ см}$

Старт Сброс

Вопрос №1

Если величину заряда увеличить в 3 раза, а скорость заряда уменьшить в 3 раза, то сила, действующая на заряд в магнитном поле,

- уменьшится в 3 раза
- увеличится в 9 раз
- увеличится в 9 раз
- уменьшится в 9 раз
- не изменится

ПРОВЕРИТЬ

Вопросы для лабораторных работ
1 2 3 4 5 6

Задачи для лабораторных работ
1 2 3 4

Компьютердик модель заряддуу бөлүкчөнүн бир тектүү магнит талаасындагы кыймылын көрсөтөт. Моделде бөлүкчөнүн ылдамдыгынын түзүүчүлөрүнүн жана магнит талаасынын индукциясынын маанилерин өзгөртүүгө болот. Программа бөлүкчөнүн траекториясынын радиусун жана бир циклдин убактысын эсептөөгө мүмкүндүк берет.

Кыймылдагы бөлүкчөгө аракет этүүчү Лоренц күчү ар дайым анын кыймылынын ылдамдыгына перпендикуляр багытталарына көңүл бургула.

4. Экрандын оң тарабындагы программаны пайдаланып лабораториялык иштин суроолорунун тандалган жоопторунун (4.1-таблица) жана маселелердин чыгарылышынын (4.2-таблица) тууралыгын кезеги менен текшергиле. Жообуңар туура болсо - 1, ката болсо – 0 упай коюп, таблицалардын «Алдын ала эсептегенде. Упай» графасын толтургула.

Суроолордун жооптору

4.1-таблица

Суроо	Алдын - ала эсептегенде				Виртуалдык экспериментте		Орточо упай
	таяныч формула	жумушчу формула	жообу	упай	жообу	упай	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
<i>Жалпы упай:</i>							

5. Экрандын сол тарабындагы моделди пайдаланып, кезеги менен иштеги ар бир суроонун жана маселенин шартындагы жагдай так аткарылгандай кылып виртуалдык эксперимент жүргүзгүлө. Процессти моделдештирүү үчүн чоңдуктардын суроолордун же маселелердин шартындагы тиешелүү маанилеринен пайдалангыла. Ар бир эксперименттин натыйжасын таблицалардын «Виртуалдык экспериментте. Жообу» графасына, ал эми аларды текшерүүнүн натыйжасын «упай» графасына (1 же 0) жазгыла.

Маселелердин жооптору

4.2-таблица

Маселе	Алдын - ала эсептегенде				Виртуалдык экспериментте		Орточо упай
	таяныч формула	жумушчу формула	жообу	упай	жообу	упай	
1							
2							
3							
4							
<i>Жалпы упай:</i>							

6. Суроолор жана маселелер боюнча орточо жана жалпы упайларды эсептеп, тиешелүү графаларды толтургула.
7. Эгерде айрым суроолордун же маселелердин жооптору ката болуп калса, анын себептерин талдагыла. Туура жоопторду аныктап, түшүнүүгө жана эстеп калууга аракеттенгиле.
8. Програмадагы моделди пайдаланып, иштин тапшырмаларындагы эксперименттерди жүргүзгүлө жана тиешелүү тыянактарды жасагыла.
 - 8.1. Бир тектүү магнит талаасына перпендикуляр багытта бирдей ылдамдык менен учуп кирген түрдүү заряддуу бөлүкчөлөрдүн кыймылын изилдөө үчүн программадагы «Масс-спектрометрдин» моделинен пайдалангыла. Виртуалдык эксперимент жүргүзүп, заряддуу бөлүкчөнүн магнит талаасындагы кыймылынын траекториясынын анын массасынан, ылдамдыгынан жана магнит талаасынын индукциясынан көз карандылыктары тууралуу сапаттык тыянактарды жасагыла.
 - 8.2. Ылдамдыктын селекторунун иштөө принцибин үйрөнүү үчүн программадагы «Ылдамдыктын селектору» моделин ачкыла. Виртуалдык эксперимент жүргүзүп, берилген ылдамдыктагы бөлүкчөлөрдү бөлүп өткөрүү үчүн электр жана магнит талааларын кандайча өзгөртүү керектиги тууралуу сапаттык тыянактарды жасагыла.

Билимди текшерүү үчүн суроолор

1. Лоренц күчүнүн чоңдугу, багыты кандайча аныкталат жана анын Ампердин күчү менен байланышы кандай?
2. Кайсы учурларда заряддуу бөлүкчөлөргө магнит талаасы аракет этпейт?
3. Циклотрондун түзүлүшүн жана иштөө принцибин түшүндүргүлө.
4. Ылдамдыктардын селекторунун иштөө принцибин түшүндүргүлө.
5. Масс-спектрометрдин кызматын жана иштөө принцибин түшүндүргүлө.
6. Магниттик термоизоляциялоо деген эмне жана бул кубулуштун практикалык мааниси кандай?
7. Күчтүү магнит талаасын түзүүнүн кандай жолдорун билесиңер?

5. ЭЛЕКТРОМАГНИТТИК ИНДУКЦИЯ

Иштин максаты:

- Электромагниттик индукция кубулушун моделдештирүү менен таанышуу.
- Электромагниттик индукциянын закон ченемдүүлүктөрүн эксперименталдык тастыктоо.

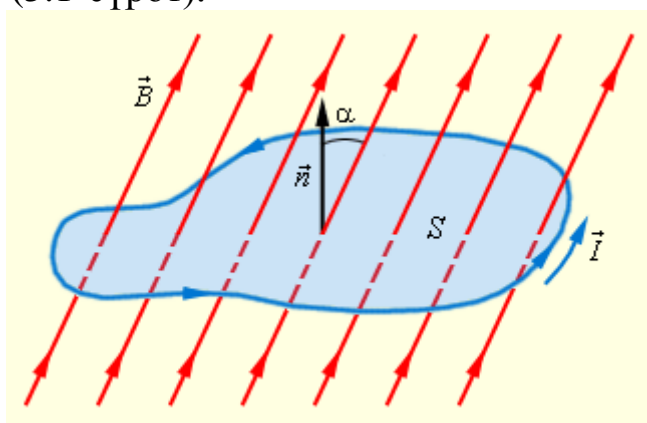
Иштин кыскача теориясы

Электромагниттик индукция кубулушу көрүнүктүү англиялык физик **М.Фарадей** тарабынан **1831-жылы** ачылган. Ал кубулуштун маңызы - электр тогун өткөрүүчү туюк контурду каптаган магнит агымы убакыттын өтүшү менен өзгөргөндө ал контурда электр тогунун пайда болушунда турат.

Контурдун S аянты аркылуу өтүүчү *магнит агымы* деп

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

чоңдугун айтышат, мында B -магниттик индукция векторунун модулу, α - \vec{B} вектору менен контурдун тегиздигине тургузулган \vec{n} нормалынын арасындагы бурч (5.1-сүрөт).



5. 1-сүрөт. Туюк контур аркылуу өтүүчү магнит агымы.

\vec{n} нормалынын багыты жана контурду айланып өтүүнүн тандалып алынган оң багыты \vec{l} өз ара оң бурама эрежеси аркылуу байланышат.

Магнит агымынын бул аныктоосун бир тектүү эмес магниттик талаа жана жалпак эмес контур учуруна оңой эле жалпылоого болот. Магнит агымынын СИ системасындагы бирдиги *вебер* (Вб) деп аталат. 1Вб ге барабар магнит агымы аянты 1м^2 болгон жалпак контурду нормалдын багыты боюнча көзөп өтүүчү, индукциясы 1Тл болгон магнит талаасы тарабынан түзүлөт:

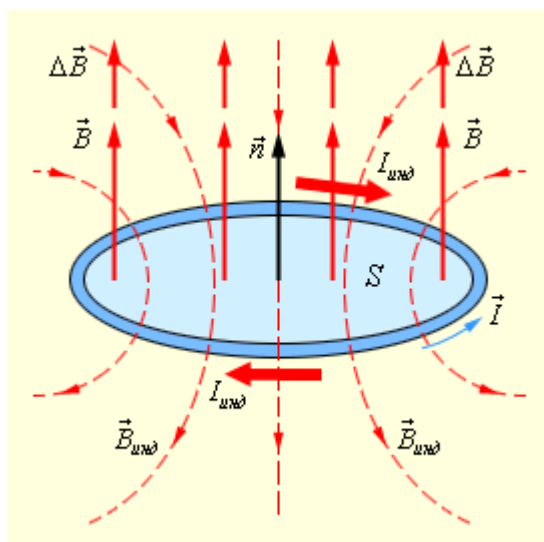
$$1\text{Вб} = 1\text{Тл} \cdot 1\text{м}^2.$$

Фарадей тажрыйбалардын негизинде магнит агымы өзгөрүп жаткан кезде электр тогун өткөрүүчү контурда индукциянын ЭКК сы ($\mathcal{E}_{\text{инд}}$) пайда болоорун, анын чоңдугу контур менен чектелген бет аркылуу өтүп жаткан магнит агымынын терс белгиде алынган өзгөрүү ылдамдыгына барабар экендигин аныктаган:

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Тажрыйбалар магнит агымы өзгөрүп жатканда туюк контурда дүүлүктүрүлүүчү индукциялык ток ар дайым, анын магнит талаасы бул индукциялык токтун пайда кылуучу сырткы магнит агымынын өзгөрүшүнө каршы аракет кылгандай багытталаарын көрсөтөт. Бул тыянак Ленцтин эрежеси (1833-ж.) деп аталат.

5.2-сүрөт бир тектүү, индукциясынын модулу убакыттын өтүшү менен өсүп баруучу магнит талаасында жайгашкан кыймылсыз контурдун мисалында Ленцтин эрежесин сүрөттөп көрсөтөт.



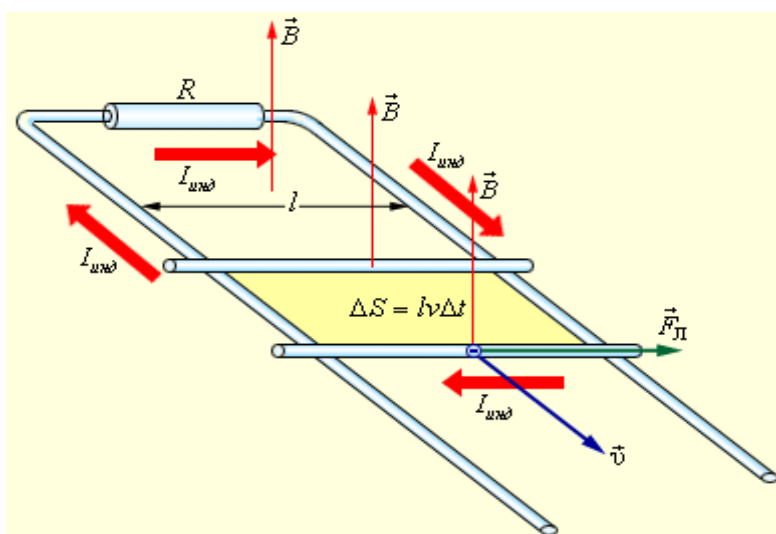
5.2-сүрөт. Ленцтин эрежесин сүрөттөп көрсөтүү. Бул мисалда $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} > 0$, ал эми $\mathcal{E}_{\text{инд}} < 0$. Индукциялык ток ($I_{\text{инд}}$) контурду бойлото айлануунун тандап алынган оң багытын ($\vec{\ell}$) утурлай агат.

Ленцтин эрежеси $\mathcal{E}_{\text{инд}}$ жана $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ар дайым карама-каршы белгилерге ээ болушары (Фарадейдин формуласындагы «минус» белгиси) жөнүндөгү эксперименталдык фактыны чагылдырат. Ленцтин эрежеси терең физикалык мааниге ээ – ал энергиянын сакталуу законун туюнтат.

Туюк контурду каптап (көзөп) өтүүчү магнит агымы эки себепке байланыштуу өзгөрө алат:

1. Магнит агымы контур же анын бөлүктөрү турактуу магнит талаасында жылган кезде өзгөрөт. Бул – өткөргүчтөр, аны менен кошо эркин зарядды алып жүрүүчүлөр магнит талаасында кыймылга келген учур. Индукциянын ЭККсынын пайда болушу кыймылдагы өткөргүчтөрдүн ичиндеги эркин заряддарга Лоренц күчүнүн аракет этүүсү менен түшүндүрүлөт. Лоренц күчү бул учурда бөтөн күчтүн ролун аткарат.

Мисал катары контурдун тегиздигине перпендикуляр бир тектүү \vec{B} магнит талаасына жайгаштырылган тик бурчтуу контурда индукциянын ЭККсынын пайда болушун карап көрөлү. Контурдун узундугу ℓ болгон бир бөлүгү анын башка эки бөлүгүнүн үстүнөн тайгаланып, \vec{v} ылдамдыгы менен жылсын дейли (5.3-сүрөт).



5.3–сүрөт. Кыймылдагы өткөргүчтө индукциянын ЭККсынын пайда болушу. Лоренц күчүнүн эркин электронго аракет этүүчү түзүүчүсү көрсөтүлгөн.

Контурдун кыймылдагы бөлүгүндөгү эркин заряддарга Лоренц күчү аракет этет. Бул күчтүн заряддарды ташуучу ылдамдык менен байланышкан түзүүчүсү өткөргүчтү бойлото багытталган. Бул түзүүчү 5.3-сүрөттө көрсөтүлгөн, ал бөтөн күчтүн ролун аткарат. Анын модулу

$$F_L = e v B$$

га барабар. F_L күчүнүн ℓ аралагындагы жумушу

$$A = F \cdot \ell = e v B \ell.$$

Аныктоо боюнча ЭКК

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = \frac{A}{e} = v B \ell.$$

Контурдун башка, кыймылсыз бөлүктөрүндө бөтөн күч нөлгө тең. $\mathcal{E}_{\text{инд}}$ үчүн жазылган катнашка көнүмүш түр берели. Δt убактысынын

ичинде контурдун аянты $\Delta S = \ell v \Delta t$ га өзгөрөт. Бул убакыттагы магнит агымынын өзгөрүшү $\Delta \Phi = B \ell v \Delta t$. Демек

$$|\mathcal{E}_{\text{инд}}| = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|.$$

$\mathcal{E}_{\text{инд}}$ жана $\left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$ ны байланыштыруучу формуланын белгисин аныктоо үчүн, 5.1 жана 5.2-сүрөттөрдө көрсөтүлгөндөй кылып, \vec{n} нормалынын жана контурду айланып чыгуунун $\vec{\ell}$ оң багыттарын өз ара оң бурама эрежесине ылайык байланышкандай тандап алуу керек. Бул ишке ашса Фарадейдин формуласына оңой эле келебиз.

Эгерде, жалпы чынжырдын каршылыгы R болсо, анда чынжыр аркылуу күчү $I_{\text{инд}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{инд}}}{R}$ болгон индукциялык ток өтөт. Δt убактысынын ичинде R каршылыгында

$$\Delta Q = R I_{\text{инд}}^2 \Delta t = \frac{v^2 B^2 \ell^2}{R} \Delta t$$

джоуль жылуулугу бөлүнүп чыгат.

Лоренц күчү жумуш аткарбай тургандыктан бул энергия кайдан алынат деген суроо пайда болот. Биз Лоренц күчүнүн бир гана түзүүчүсүнүн жумушун эсепке алгандыктан ушул парадокс пайда болду. Магнит талаасында жайгашкан өткөргүчтөн индукциялык ток өтүп жатканда эркин заряддарга алардын өткөргүчтү бойлото кыймылынын салыштырма ылдамдыгы менен байланышкан Лоренц күчүнүн дагы бир түзүүчүсү аракет этет. Бул түзүүчү \vec{F}_A Ампер күчүнүн пайда болушуна жооптуу. 5.3-сүрөттө көрсөтүлгөн учур үчүн Ампер күчүнүн модулу $F_A = IB\ell$ ге барабар. Ампер күчү өткөргүчтүн кыймылына утурлай багытталган, ошондуктан ал терс механикалык жумуш аткарат. Δt убактысы ичинде аткарылган бул $A_{\text{мех}}$ жумуш

$$A_{\text{мех}} = -Fv\Delta t = -IB\ell v\Delta t = -\frac{v^2 B^2 \ell^2}{R} \Delta t$$

барабар. Индукциялык ток өтүп жаткан, магнит талаасында кыймылдоочу өткөргүч магниттик тормоздоого (каршылыкка) учурайт. Лоренц күчүнүн толук жумушу нөлгө тең. Контурдагы джоуль жылуулугу өткөргүчтүн ылдамдыгын өзгөрүүсүз кармап турган сырткы күчтүн жумушунун эсебинен же өткөргүчтүн кинетикалык энергиясынын азаюусунун эсебинен бөлүнүп чыгат.

2. Контурду көзөп өтүүчү магнит агымынын өзгөрүшүнүн экинчи себеби - контур кыймылсыз учурда магнит талаасынын убакыттын өтүшү менен өзгөрүшү. Бул учурда индукциялык ЭККнын пайда болушун Лоренц күчүнүн аракети менен түшүндүрүүгө мүмкүн эмес. Кыймылсыз өткөргүчтөгү электрондор электр талаасы тарабынан гана

кыймылга келтирилиши мүмкүн. Демек, өткөргүчтө электр талаасы убакыттын өтүшү менен өзгөрүүчү магнит талаасы тарабынан жаратылат. Бул талаанын бирдик оң зарядды туюк контур боюнча которууда аткарган жумушу кыймылсыз өткөргүчтөгү индукциянын ЭККсына барабар. Демек, өзгөрүүчү магнит талаасы жараткан электр талаасы *потенциалдуу болбойт*. Аны *куюндуу электр талаасы* деп аташат. Куюндуу электр талаасы жөнүндөгү көз караш физикага көрүнүктүү англиялык физик **Дж.Максвелл (1861-ж)** тарабынан киргизилген.

Кыймылсыз өткөргүчтө аны курчап турган магнит талаасы өзгөргөн кезде пайда болуучу электромагниттик индукция кубулушу да Фарадейдин формуласынын жардамында сүрөттөлөт. Мына ошентип, кыймылдагы жана кыймылсыз өткөргүчтөрдөгү индукция кубулуштары *бирдей жүрүп өтүшөт*, бирок индукциялык токтун пайда болушунун себептери бул эки учурда түрдүүчө: кыймылдагы өткөргүчтөр учурунда индукциянын ЭККсы Лоренц күчү менен шартталган; кыймылсыз өткөргүчтөр учурунда индукциянын ЭККсы магнит талаасы өзгөргөн кезде пайда болуучу куюндуу электр талаасынын эркин заряддарга аракетинин натыйжасы.

Иштин тапшырмалары

1. Суроолор

1. Туюк контурду көзөп өтүүчү магнит агымы *5 секунда* ичинде *5 Вб* ден *10 Вб* ге чейин бир калыпта көбөйдү. Бул учурда алкакта индукцияланган ЭККнын мааниси эмнеге барабар?

Жообу:

- *1В*
- *2В*
- *2,5В*
- *25В*
- *10В*

2. Индукциясы $B = 6 \text{ Тл}$ болгон бир тектүү магнит талаасында аянты 50 см^2 ка барабар контур жайгашкан. Контурдун тегиздигине тургузулган нормаль менен магниттик индукциянын векторлорунун арасындагы бурч 60° ту түзөт. Контурду көзөп өтүүчү магнит агымы.....барабар.

Жообу:

- *300Вб*

- $150Bб$
- $0,3Bб$
- $0,015Bб$
- $0,0015Bб$

3. Өткөргүч магнит талаасында кыймылдаган кезде индукциянын ЭККсынын багыты көз каранды болот.

Жообу:

- а) өткөргүчтүн кыймылынын багытынан*
- б) магнит талаасынын индукция векторунун багытынан*
- в) өткөргүчтүн кыймылынын багытынан да, магнит талаасынын индукция векторунун багытынан да*
- г) өткөргүчтүн кыймылынын багытынан да, магнит талаасынын индукция векторунун багытынан да көз каранды болбойт*
- д) жогоруда келтирилген жооптордун арасында туурасы жок*

4. Металл алкагы бир тектүү магнит талаасында жайгашкан. Алкакта электр тогу пайда болсун үчүн, алкак.....

Жообу:

- а) магнит талаасынын сызыктарын бойлото, аларды кесип өтпөстөн кыймылдашы керек*
- б) магнит талаасынын индукция векторуна перпендикуляр тегиздикте алга жылып кыймылдашы керек*
- в) магнит талаасынын индукция векторуна жарыш тегиздикте алга жылып кыймылдашы керек*
- г) магнит талаасынын индукция векторун бойлото алга умтулуп кыймылдашы керек*
- д) жогоруда келтирилгендердин арасында туура жообу жок*

5. Узундугу $l = 0,5м$ болгон өткөргүч индукциясы $B = 0,008Тл$ болгон бир тектүү магнит талаасынын күч сызыктарына перпендикуляр багытта $v = 5 \cdot 10^8 / c$ ылдамдыгы менен жылат. Өткөргүчтүн учтарында пайда болуучу потенциалдардын айырмасын тапкыла.

Жообу:

- $25мВ$
- $2мВ$
- $4мВ$
- $20мВ$
- $40мВ$

6. 1000 оромду камтыган соленоидде магнит агымы $t = 0,1c$ ичинде $\Phi_1 = 0,05Bб$ ден $\Phi_2 = 0,01Bб$ ге чейин бир калыпта азаят. Соленоиддеги индукциянын ЭККсынын чоңдугун тапкыла.

Жообу:

- 5В
- 40В
- 50В
- 500В
- 400В

2. Маселелер

1. Узундугу $l = 1m$ болгон өткөргүч бир тектүү магнит талаасында каршылыгы $R = 2Om$ болгон резистор аркылуу бириктирилген эки металл өткөргүчүнүн үстүндө $v = 5M/c$ ылдамдыгы менен сүрүлүүсүз жыла алат. Магнит талаасы түзүлүүчү контурдун тегиздигине перпендикуляр багытталган, анын индукциясы $B = 0,1Tл$. Электр өткөрүүчү контурда индукцияланган токтун күчүн аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $I = \quad A$.

2. Каршылыгы $R = 5 Om$ болгон резистор аркылуу туюкталган эки өз ара жарыш металл өткөргүчтөрдүн үстүнөн бир тектүү магнит талаасында $v = 5M/c$ ылдамдыгы менен узундугу $l = 0,2m$ болгон өткөргүч кыймылга келет. Магнит талаасынын индукциясы $B = 0,05Tл$ жана ал түзүлгөн өткөрүүчү контурга перпендикуляр багытталган. Электр өткөрүүчү контурда индукцияланган токтун күчүн аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $I = \quad A$.

3. Бир тектүү магнит талаасында резисторго туюкталган эки жарыш металл рельстеринин үстүнөн узундугу $l = 0,4m$ болгон өткөргүч кыймылга келет. Магнит талаасынын индукциясы $B = 0,05Tл$ жана ал түзүлүүчү контурга перпендикуляр. Өткөргүч резистордон $1m$ аралыкта турат. Магнит агымынын өзгөрүшүн ($\Delta\Phi$) аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $\Delta\Phi = \quad Bб$.

4. Магнит агымы өткөргүчтүн бири-бири менен резистор аркылуу туташтырылган эки металл рельстеринин үстүнөн жылышынын натыйжасында өзгөрөт. Алгач өткөргүч резистордон 1 м аралыкта турат да индукциясы $B = 0,02\text{ Тл}$ түзүлүүчү контурга перпендикуляр болгон бир тектүү магнит талаасында $v = 4\text{ м/с}$ ылдамдыгы менен кыймылга келет. Өткөрүүчү контурдагы токтуң күчү $I = 0,024\text{ А}$, өткөргүчтүн узундугу $0,9\text{ м}$. Каршылыктын чоңдугун аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $R = \quad \text{Ом}$.

5. Бир тектүү магнит талаасында каршылыгы $R = 5\text{ Ом}$ болгон резистор аркылуу бириктирилген эки металл өткөргүчүнүн үстүндө узундугу $l = 0,6\text{ м}$ болгон өткөргүч $v = 2\text{ м/с}$ ылдамдыгы менен сүрүлүүсүз жыла алат. Магнит талаасы түзүлүүчү контурдун тегиздигине перпендикуляр багытталган, анын индукциясы $B = 0,01\text{ Тл}$. Электр өткөрүүчү контурдагы токтуң күчүн аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $I = \quad \text{А}$.

3. Эксперименттер

1. Програмадагы «Фарадейдин тажрыйбалары» аттуу моделди пайдаланып электромагниттик индукция кубулушунун ачылышына алып келген Фарадейдин тажрыйбаларын кайталагыла. Тажрыйбалардын негизинде туюк контурда (түрмөктө) ЭККнын (токтуң) индукцияланышынын шарттары, алардын чоңдуктары жана белгилери тууралуу тыянак жасагыла.

2. Электромагниттик индукция кубулушунун негизинде өзгөрүлмө токту алуунун шарттарын түшүндүргүлө.

Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун тартиби

1. Окуу китептерин, иштин баяндамасын пайдаланып ишке керектүү теориялык материал менен таанышкыла жана дептериңерге кыскача конспект түзгүлө.

2. Иштин тапшырмаларындагы суроолордун туура жоопторун тандап 5.1-таблицанын жана, маселелерди чыгарып, 5.2-таблицанын «Алдын ала эсептегенде» бөлүгүнүн «упайга» чейинки графаларын толтургула.

3. Виртуалдык лабораториялык ишти аткарууга даярдагыла. Ал үчүн «Открытая физика 2.5 (часть 2)» окутуучу компьютердик программасынан «Лабораторная работа 1.5. Электромагнитная индукция» темасын ачкыла. Экранда төмөнкү картина пайда болот. Сүрөттү көңүл коюп карап, бардык жөнгө салгычтарды ж.б. башкаруучу элементтерди тапкыла.

Фарадей ачкан электромагниттик индукция законуна ылайык туюк контурдагы индукциянын ЭККсы минус белгиси менен алынган ал контурду каптап өтүүчү Φ магнит агымынын өзгөрүү тездигине барабар:

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Компьютердик модель магниттик агымдын өзгөрүшү электр өткөрүүчү контурдун бөлүгүн бир тектүү жана убакыттын өтүшү менен өзгөрбөгөн магнит талаасында жылдыруу аркылуу пайда кылынган учур үчүн электромагниттик индукция законунун иллюстрациясы болуп эсептелет. Индукциянын ЭККсынын пайда болушу бул учурда кыймылдагы өткөргүчтүн электрондоруна Лоренц күчүнүн аракетин менен түшүндүрүлөт.

Компьютердик моделде магнит талаасынын индукциясын (B), өткөргүчтүн жылуу ылдамдыгын (v), чынжырдын каршылыгын (R) жана өткөргүчтүн кыймылдагы бөлүгүнүн узундугун (l) өзгөртүүгө болот. Дисплейде убакыттын каалаган моментиндеги индукциялык ЭККнын ($\mathcal{E}_{\text{инд}}$), индукциялык токтун (I) жана магнит агымынын (Φ) маанилери көрсөтүлүп турат.

4. Экрандын оң тарабындагы программаны пайдаланып лабораториялык иштин суроолорунун тандалган жоопторунун (5.1-таблица) жана маселелердин чыгарылышынын (5.2-таблица) тууралыгын кезеги менен текшергиле. Жообуңар туура болсо - 1, ката болсо – 0 упай коюп, таблицалардын «Алдын ала эсептегенде. Упай» графасын толтургула.

Суроолордун жооптору

5.1-таблица

Суроо	Алдын - ала эсептегенде				Виртуалдык экспериментте		Орточо упай
	таяныч формула	жумушчу формула	жообу	упай	жообу	упай	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
<i>Жалпы упай:</i>							

5. Экрандын сол тарабындагы моделди пайдаланып, кезеги менен иштеги ар бир суроонун жана маселенин шартындагы жагдай так аткарылгандай кылып виртуалдык эксперимент жүргүзгүлө. Процессти моделдештирүү үчүн чоңдуктардын суроолордун же маселелердин шартындагы тиешелүү маанилеринен пайдалангыла. Ар бир эксперименттин натыйжасын таблицалардын «Виртуалдык экспериментте. Жообу» графасына, ал эми аларды текшерүүнүн натыйжасын «упай» графасына (1 же 0) жазгыла.

Маселелердин жооптору

5.2-таблица

Маселе	Алдын - ала эсептегенде				Виртуалдык экспериментте		Орточо упай
	таяныч формула	жумушчу формула	жообу	упай	жообу	упай	
1							
2							
3							
4							
5							
<i>Жалпы упай:</i>							

6. Суроолор жана маселелер боюнча орточо жана жалпы упайларды эсептеп, тиешелүү графаларды толтургула.

7. Эгерде айрым суроолордун же маселелердин жооптору ката болуп калса, анын себептерин талдагыла. Туура жоопторду аныктап, түшүнүүгө жана эстеп калууга аракеттенгиле.

8. Программадагы моделди пайдаланып, иштин тапшырмаларындагы эксперименттерди жүргүзгүлө жана тиешелүү тыянактарды жасагыла.

Программадагы «Фарадейдин тажрыйбалары» аттуу моделди пайдаланып, кезеги менен Фарадейдин биринчи жана экинчи тажрыйбаларын жүргүзгүлө. Тажрыйбада байкалган кубулуштун маңызын түшүнүүгө аракет кылгыла жана алардын ар биринен өзүнчө сапаттык тыянак чыгаргыла.

Программадагы «Өзгөрүлмө токтун генератору» аттуу моделди ачып, магнит талаасынын индукциясынын чоңдугун жана алкакты айландыруу жыштыгын тандагыла. Экспериментти баштап, алкакты каптап өтүүчү магнит агымынын жана алкакта индукциялануучу ЭККнын өзгөрүү закон ченемдүүлүктөрүнө, алардын өз ара байланыштарына байкоо жүргүзгүлө.

Магнит талаасынын индукциясын жана алкакты айландыруу жыштыгын өзгөртүү менен тажрыйбаларды кайталагыла. Магнит агымынын, индукциялык ЭККнын жана алкакты туюктаган кезде өтүүчү индукциялык токтун күчүнүн убакыттан көз карандылыгын туюнткан формулаларды ар бир учур үчүн жазып, 5.3-таблицага түшүргүлө.

Өзгөрүлмө токтун мүнөздөмөлөрү

5.3-таблица

	B	f	S	Формулалар		
	$Tл$	$Гц$	$м^2$	$\Phi =$	$\mathcal{E}_{инд} =$	$I_{инд} =$
1						
2						
3						
<i>Жалпы учурда:</i>						

Билимди текшерүү үчүн суроолор

1. Электромагниттик индукция кубулушунун маңызы эмнеде?
2. Контурду каптап өтүүчү магнит агымы деп эмнени айтабыз жана аны кантип өзгөртүүгө болот?
3. Фарадейдин тажрыйбаларын түшүндүргүлө жана аларды закон түрүндө жыйынтыктагыла.

4. Ленцтин эрежесин мисалдардын жардамында түшүндүргүлө.
5. Куюндуу магнит талаасы деген эмне жана ал кандайча пайда болот?
6. Электромагниттик индукция кубулушунун практикалык колдонулуштарына мисалдар келтиргиле.
7. Өздүк жана өз ара индукция кубулуштары деп эмнени айтабыз?

6. МАСС – СПЕКТРОМЕТР

Иштин максаты:

- Заряддуу бөлүкчөлөрдүн бир тектүү магнит талаасындагы кыймылынын өзгөчөлүктөрүн окуп үйрөнүү.
- Масс-спектрометрдин иштөө принцибин, анын жардамында магнит талаасында кыймылдаган бөлүкчөлөрдүн зарядынын белгисин, массаларын жана ылдамдыгын аныктоонун жолдорун өздөштүрүү.

Иштин кыскача теориясы

Масс-спектрометрдин иштөөсү заряддалган бөлүкчөлөрдүн бир тектүү магнит талаасындагы кыймылынын өзгөчөлүктөрүн колдонууга негизделген. Ошондуктан бул ишти аткаруу үчүн «5. Электромагниттик индукция» аттуу лабораториялык иштин баяндамасындагы кыскача теориялык маалымат менен таанышып чыккыла.

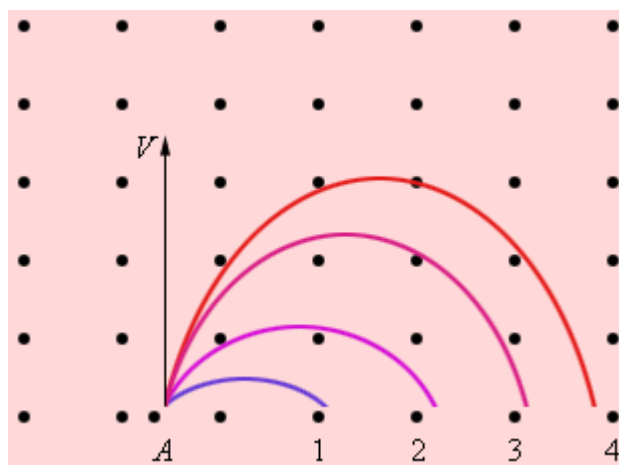
Иштин тапшырмалары

1. Суроолор

1. Бирдей зарядка ээ болушкан төрт бөлүкчө A чекитинен бирдей ылдамдык менен магнит талаасына учуп киришти. Заряддардын белгиси кандай жана кайсы бөлүкчө эң чоң массага ээ?

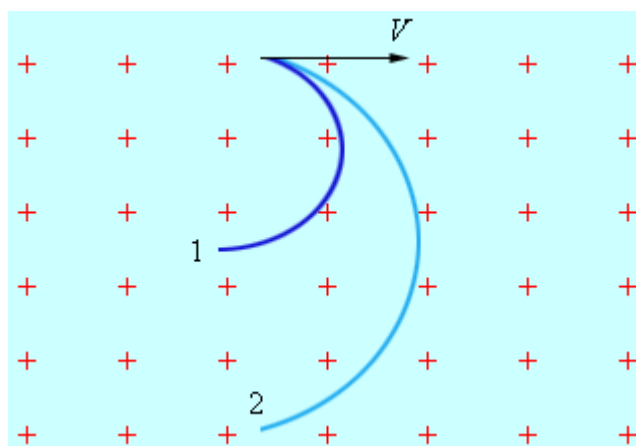
Жообу:

- a) бөлүкчөлөр терс зарядка ээ, массасы боюнча эң чоңу – 1 -бөлүкчө



- б) бөлүкчөлөр терс зарядка ээ, массасы боюнча эң чоңу – 4-бөлүкчө
- в) бөлүкчөлөр оң зарядка ээ, массасы боюнча эң чоңу – 1-бөлүкчө
- г) бөлүкчөлөр оң зарядка ээ, массасы боюнча эң чоңу – 4-бөлүкчө.

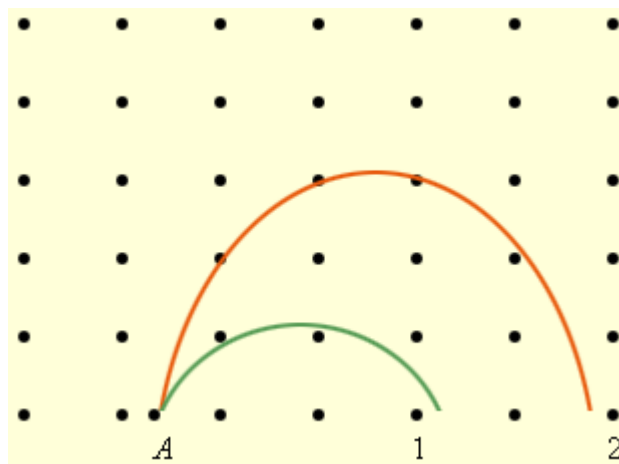
2. Бирдей зарядка ээ болушкан эки бөлүкчө А чекитинен магнит талаасына бирдей ылдамдык менен учуп киришти. Заряддардын белгиси кандай жана кайсы бөлүкчө чоң массага ээ?



Жообу:

- а) бөлүкчөлөр терс зарядка ээ, экинчи бөлүкчөнүн массасы биринчи бөлүкчөнүн массасынан чоң
- б) бөлүкчөлөр терс зарядка ээ, экинчи бөлүкчөнүн массасы биринчи бөлүкчөнүн массасынан кичине
- в) бөлүкчөлөр оң зарядка ээ, экинчи бөлүкчөнүн массасы биринчи бөлүкчөнүн массасынан кичине
- г) бөлүкчөлөр оң зарядка ээ, экинчи бөлүкчөнүн массасы биринчи бөлүкчөнүн массасынан чоң.

3. Кычкылтектин атомунун эки ядросу бир тектүү магнит талаасына учуп киришет. Ал ядролордун кыймылдарынын ылдамдыктары өз ара кандайча катышышат?



Жообу:

- а) кычкылтектин ядролорунун бир тектүү магнит талаасындагы кыймылынын траекториясы ылдамдыктан көз каранды болбойт*
- б) экинчи ядронун кыймылынын ылдамдыгы биринчи ядронун кыймылынын ылдамдыгынан кичине*
- в) биринчи ядронун кыймылынын ылдамдыгы экинчи ядронун кыймылынын ылдамдыгынан чоң*
- г) экинчи ядронун кыймылынын ылдамдыгы биринчи ядронун кыймылынын ылдамдыгынан чоң.*

4. Азоттун атомунун ядросу вакуумда, индукциясы B болгон бир тектүү магнит талаасында радиусу R болгон айлана боюнча v ылдамдыгы менен кыймылдайт. Эгерде азоттун атомунун ылдамдыгы эки эсе азайып, магнит талаасынын индукциясы эки эсе көбөйсө айлананын радиусу кандай болот?

Жообу:

- *азоттун атомунун траекториясынын радиусу өзгөрбөйт*
- $R/2$
- $2R$
- $R/4$
- $4R$

5. Альфа-бөлүкчө вакуумда, индукциясы B болгон бир тектүү магнит талаасында, радиусу R болгон айлана боюнча v ылдамдыгы менен кыймылдайт. Эгерде альфа-бөлүкчөнүн ылдамдыгы эки эсе

көбөйсө, ал эми магнит талаасынын индукциясы 4эсе көбөйсө айлананын радиусу кандай болот?

Жообу:

- *альфа-бөлүкчөнүн траекториясынын радиусу өзгөрбөйт*
- $R/2$
- $2R$
- $R/4$
- $8R$

6. Альфа-бөлүкчө индукциясы $B = 1\text{Тл}$ болгон бир тектүү магнит талаасына $v = 5 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ ылдамдыгы менен индукция сызыктарына перпендикуляр багытта учуп кирет. Бөлүкчө кыймылдоочу айлананын радиусун аныктагыла. Альфа-бөлүкчөнүн массасы $m = 6,65 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

Жообу:

- 200м
- 50м
- 5м
- 1м
- $0,1\text{м}$

7. Электрон бир тектүү магнит талаасына анын индукциясынын күч сызыктарына перпендикуляр багытта $1,6 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ ылдамдыгы менен учуп кирет. Эгерде электрон радиусу $0,1\text{см}$ болгон айлана боюнча кыймылдаса, магниттик индукциянын модулу аныктагыла.

Жообу:

- 90Тл
- 9Тл
- $0,9\text{Тл}$
- $9 \cdot 10^{-2} \text{Тл}$
- $9 \cdot 10^{-3} \text{Тл}$

2. Маселелер

1*. Магнит талаасынын индукциясы $B = 5,7\text{Тл}$, неондун атомдорунун Ne^{20} жана Ne^{22} ядролорунун ылдамдыгы $v = 5000 \text{ км/с}$. Неондун атомдорунун ядролору кыймылдоочу айланалардын радиустарын

аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

$$\text{Жообу: } R_1 = \quad \text{см}, \quad R_2 = \quad \text{см}.$$

2*. Магнит талаасынын индукциясы $B = 5,7 \text{ Тл}$, урандын атомдорунун U^{235} жана U^{238} ядролорунун ылдамдыгы $v = 5000 \text{ км/с}$. Урандын атомдорунун ядролору кыймылдоочу айланалардын радиустарын аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

$$\text{Жообу: } R_1 = \quad \text{см}, \quad R_2 = \quad \text{см}.$$

3*. Магнит талаасынын индукциясы $B = 5,7 \text{ Тл}$, урандын атомдорунун U^{235} жана U^{238} ядролорунун ылдамдыгы $v = 5000 \text{ км/с}$. Эгерде магнит талаасынын индукциясы 2 эсе көбөйсө урандын атомдорунун ядролору кыймылдоочу айланалардын радиустары кандай өзгөрүшөт жана канчага барабар болуп калышат? Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

$$\text{Жообу: } R_1 = \quad \text{см}, \quad R_2 = \quad \text{см}.$$

4*. Магнит талаасынын индукциясы $B = 5,0 \text{ Тл}$, көмүртектин атомдорунун C^{12} жана C^{14} ядролору радиустары тиешелүү түрдө $R_1 = 12,4 \text{ см}$, $R_2 = 14,5 \text{ см}$ болгон айланалар боюнча бирдей ылдамдыктар менен кыймылдашат. Көмүртектин атомдорунун C^{12} жана C^{14} ядролорунун ылдамдыгын аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

$$\text{Жообу: } v = \quad \text{км/с}.$$

5*. Магнит талаасынын индукциясы $B = 10,0 \text{ Тл}$, көмүртектин атомдорунун C^{12} жана C^{14} ядролору радиустары тиешелүү түрдө $R_1 = 10,0 \text{ см}$, $R_2 = 11,6 \text{ см}$ болгон айланалар боюнча бирдей ылдамдыктар менен кыймылдашат. Көмүртектин атомдорунун C^{12} жана C^{14} ядролорунун ылдамдыгын аныктагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

$$\text{Жообу: } v = \quad \text{км/с}.$$

6. Магнит талаасынын индукциясы $B = 5,0 \text{ Тл}$, көмүртектин атомдорунун C^{12} жана C^{14} ядролору радиустары тиешелүү түрдө

$R_1 = 12,4\text{ см}$, $R_2 = 14,5\text{ см}$ болгон айланалар боюнча бирдей ылдамдыктар менен кыймылдашат. Эгерде магнит талаасынын индукциясы 2эсе көбөйсө, ал эми ядролордун ылдамдыгы 2эсе азайса көмүртектин атомдорунун ядролору кыймылдоочу айланалардын радиустары кандай өзгөрүшөт? Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $R_1 =$ см, $R_2 =$ см.

3. Эксперименттер

1. Виртуалдык эксперимент жүргүзүп, «Масс-спектрометрдин» моделинде каралган белгисиз заттын теги (элементтин аталышы, изотопторунун массалары жана заряды) тууралуу божомол жасоого жана жообуңарды негиздөөгө аракет кылгыла.

2. Заттардын ядролорун (изотопторун) ажыратып каттоо үчүн берилген масс-спектрометрде колдонулуучу ылдамдыктардын жана магнит талаасынын индукциясынын мүнөздүү маанилеринин өз ара байланышын, алардын заттын тегинен көз карандылыгын изилдегиле.

Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун тартиби

1. Окуу китептерин, иштин баяндамасын пайдаланып ишке керектүү теориялык материал менен таанышкыла жана дептериңерге кыскача конспект түзгүлө.

2. Иштин тапшырмаларындагы суроолордун туура жоопторун тандап 6.1-таблицанын жана, маселелерди чыгарып, 6.2-таблицанын «Алдын ала эсептегенде» бөлүгүнүн «упайга» чейинки графаларын толтургула.

3. Виртуалдык лабораториялык ишти аткарууга даярдагыла. Ал үчүн «Открытая физика 2.5.» (часть 2) окутуучу компьютердик программасынан «Лабораторная работа 1.6. Масс-спектрометр» темасын ачкыла. Экранда төмөнкү картина пайда болот. Сүрөттү көңүл коюп карап, бардык жөнгө салгычтарды, ж.б. негизги элементтерди тапкыла.

Лабораторная работа 1.6. Масс-спектрометр - Microsoft Internet Explorer

Адрес: C:\Program Files\Physicon\Open Physics 2.5 part 2\design\index.htm

СОДЕРЖАНИЕ МОДЕЛИ ПОИСК СПРАВОЧНИК О ПРОГРАММЕ ОТКРЫТЫЙ КОЛЛЕДЖ

Глава 1. Электродинамика

Лабораторная работа 1.6. Масс-спектрометр

Изоотопы

$B = 5.0$ мТл

$v = 2000$ м/с

Старт Сброс

$^{12}_6\text{C}$, $^{14}_6\text{C}$
 $^{20}_{10}\text{Ne}$, $^{22}_{10}\text{Ne}$
 $^{235}_{92}\text{U}$, $^{238}_{92}\text{U}$
 Неизвестн.

Вопрос №7

Электрон влетает в однородное магнитное поле со скоростью $1,6 \cdot 10^7$ м/с перпендикулярно силовым линиям индукции магнитного поля. Определить модуль магнитной индукции, если электрон движется по окружности радиуса 0,1 см.

90 Тл
 9 Тл
 0,9 Тл
 $9 \cdot 10^{-2}$ Тл
 $9 \cdot 10^{-3}$ Тл

ПРОВЕРИТЬ

Вопросы для лабораторных работ
1 2 3 4 5 6 7

Задачи для лабораторных работ
1 2 3 4 5 6

Масс – спектрометрлер деп заряддуу бөлүкчөлөрдүн, мисалы, түрдүү атомдордун ядролорунун, массасын өлчөөгө ылайыкташкан түзүлүштөрдү (куралдарды) айтышат. Масс – спектрометрлер изотопторду, б.а. атомдордун заряддары бирдей, бирок массалык сандары ар түрдүү болгон ядролорун (мисалы $^{235}_{92}\text{U}$ жана $^{238}_{92}\text{U}$) бөлүп ажыратуу үчүн колдонулат. Масс – спектрометрлерде заряддуу бөлүкчөлөр ичинде жогорку вакуум түзүлгөн камерада, бир тектүү магнит талаасында кыймылдашат. Бөлүкчөлөр камерага учуп кирерден алдын ылдамдыктардын селекторуна өтүшөт. Бөлүкчөлөрдүн камерадагы траекториясы радиусу

$$R = \frac{mv}{qB}$$

болгон айланалардын жаасы түрүндө болот. Компьютердик модель магнит талаасынын индукциясын (B) жана бөлүкчөлөрдүн ылдамдыгын (v) өзгөртүүгө мүмкүндүк берет. Моделди пайдаланып көмүртектин, неондун жана урандын, ошондой эле кайсы бир белгисиз заттын изотопторун ажыратуу боюнча тажрыйбаларды жүргүзүүгө болот.

4. Экрандын оң тарабындагы программаны пайдаланып лабораториялык иштин суроолорунун тандалган жоопторунун (6.1-таблица) жана маселелердин чыгарылышынын (6.2-таблица) тууралыгын кезеги менен текшергиле. Жообуңар туура болсо - 1, ката болсо – 0 упай коюп, таблицалардын «Алдын ала эсептегенде. Упай» графасын толтургула.

Суроолордун жооптору

6.1-таблица

Суроо	Алдын - ала эсептегенде				Виртуалдык экспериментте		Орточо упай
	таяныч формула	жумушчу формула	жообу	упай	жообу	упай	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
<i>Жалпы упай:</i>							

5. Экрандын сол тарабындагы моделди пайдаланып, кезеги менен иштеги ар бир суроонун жана маселенин шартындагы жагдай так аткарылгандай кылып виртуалдык эксперимент жүргүзгүлө. Процессти моделдештирүү үчүн чоңдуктардын суроолордун же маселелердин шартындагы тиешелүү маанилеринен пайдалангыла. Ар бир эксперименттин натыйжасын таблицалардын «Виртуалдык экспериментте. Жообу» графасына, ал эми аларды текшерүүнүн натыйжасын «упай» графасына (1 же 0) жазгыла.

Маселелердин жооптору

6.2-таблица

Маселе	Алдын - ала эсептегенде				Виртуалдык экспериментте		Орточо упай
	таяныч формула	жумушчу формула	жообу	упай	жообу	упай	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
<i>Жалпы упай:</i>							

6. Суроолор жана маселелер боюнча орточо жана жалпы упайларды эсептеп, тиешелүү графаларды толтургула.

7. Эгерде айрым суроолордун же маселелердин жооптору ката болуп калса, анын себептерин талдагыла. Туура жоопторду аныктап, түшүнүүгө жана эстеп калууга аракеттенгиле.

8. Программадагы моделди пайдаланып, иштин тапшырмаларындагы эксперименттерди жүргүзгүлө жана тиешелүү тыянактарды жасагыла.

8.1. Моделде көрсөтүлгөн элементтерди кезеги менен пайдаланып бөлүкчөнүн кыймылынын параметрлеринин алардын тегинен көз карандылыгын байкоо максатында эксперимент жүргүзгүлө. Алынган маалыматтардын негизинде моделдеги белгисиз элементтин теги тууралуу тыянак жасагыла.

8.2. Масс-спектрометрдин камерасына белгилүү ылдамдык менен учуп киришкен бөлүкчөлөр андагы бир тектүү магнит талаасынын аракетинин натыйжасында айлана траекториясы боюнча кыймылдап, прибордун каттоочу жылчыгына келип түшүшү зарыл. Берилген масс-спектрометр үчүн бул шарт бөлүкчөнүн тегине жараша анын кыймылынын баштапкы ылдамдыгын жана магнит талаасынын индукциясын тандоо аркылуу ишке ашырылат. Моделдеги элементтерди пайдаланып, мисалы, магнит талаасынын индукциясынын ар түрдүү ылдамдыктардагы бөлүкчөлөрдү каттоого жетишерлик эң кичине маанилерин аныктагыла. Эксперименттин натыйжаларын 6.3-таблицага түшүргүлө жана тиешелүү тыянактарды жасагыла.

Моделдеги масс-спектрометрдин жумушчу параметрлери

6.3-таблица

	$v_0,$	B_{min}		
		C	Ne	U
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Билимди текшерүү үчүн суроолор

1. Бир тектүү магнит талаасына учуп кирген бөлүкчөлөрдүн кыймылынын өзгөчөлүктөрүн түшүндүргүлө.

2. Изотоптор деп эмнени айтабыз? Изотопторго мисалдар келтиргиле.
3. Берилген масс-спектрометрдин жардамында кезеги менен оң, терс заряддалган оор жана жеңил бөлүкчөлөрдүн кыймылын изилдөө үчүн кандай аракеттерди көрүү керек болот?
4. Бирдей ылдамдыктагы заряддалган бөлүкчөлөрдү кантип бөлүп алууга болот?
5. Масс-спектрометрдин практикалык колдонулуштарына мисалдар келтиргиле.

7. ТУРАКТУУ ТОКТУН ЧЫНЖЫРЛАРЫНДАГЫ КОНДЕНСАТОРЛОР

Иштин максаты:

- Жалпак конденсатордун электр талаасын моделдештирүү - аны күч сызыктардын жана эквипотенциалдардын жардамында сүрөттөө.
- Конденсаторлордун батареясынын сыйымдуулуктарын аныктоо жолдорун өздөштүрүү.
- Турактуу токтун чынжырына кошулган конденсаторлордун аткарган кызматын изилдөө.

Иштин кыскача теориясы

Эгерде бири-биринен ажыратылган эки өткөргүчкө q_1 жана q_2 заряддарын берсек, анда алардын арасында потенциалдардын кандайдыр бир $\Delta\varphi$ айырмасы түзүлөт. $\Delta\varphi$ нин чоңдугу заряддардын чоңдугунан жана өткөргүчтөрдүн геометриялык өлчөмдөрүнөн көз каранды. Электр талаасындагы эки чекиттин арасындагы потенциалдардын $\Delta\varphi$ айырмасын көпчүлүк учурда *чыңалуу* деп аташат да U тамгасы менен белгилешет. Өткөргүчтөрдүн заряддары модулу боюнча бирдей жана белгиси боюнча карама-каршы болгон учур эң чоң практикалык кызыкчылыкты жаратат: $q_1 = -q_2 = q$. Бул учурда *электр сыйымдуулугу* түшүнүгүн киргизүүгө болот.

Эки өткөргүчтөн турган системанын электр сыйымдуулугу деп өткөргүчтөрдүн биринин Q зарядынын алардын арасындагы потенциалдардын $\Delta\varphi$ айырмасына болгон катышы менен аныкталуучу физикалык чоңдук аталат:

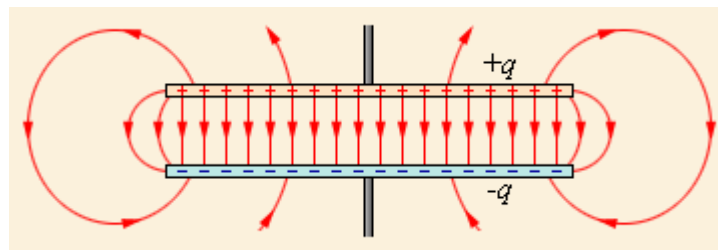
$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{q}{U}.$$

СИ системасында электр сыйымдуулугунун бирдиги *фарад* (Ф) деп аталат:

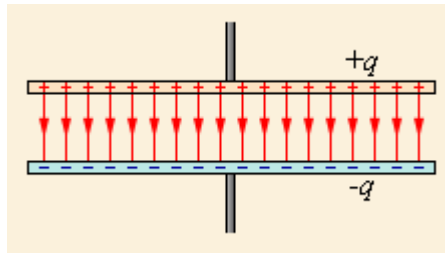
$$1\text{Ф} = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}}.$$

Электр сыйымдуулугунун чоңдугу өткөргүчтөрдүн формасынан, өлчөмдөрүнөн жана өткөргүчтөрдү ажыратып турган диэлектриктин касиеттеринен көз каранды. Өткөргүчтөрдүн конфигурациясын алардын электр талаасы мейкиндиктин кайсы – бир бөлүгүндө гана топтолгондой кылып түзүүгө болот. Мындай системалар *конденсаторлор*, ал эми конденсаторду түзүүчү өткөргүчтөр анын *канаттары* (пластиналары, обкладкалары) деп аталышат.

Эң жөнөкөй конденсатор – пластиналардын өлчөмдөрүнө караганда кыска аралыкта бири-бирине жарыш жайгашкан жана диэлектриктин катмары менен ажыратылган эки жалпак электр өткөрүүчү пластиналардын системасы. Мындай конденсатор *жалпак конденсатор* деп аталат. Жалпак конденсатордун электр талаасы негизинен пластиналардын арасына топтолот (7.1-сүрөт); бирок, пластиналардын четтерине жакын жерлерде жана аны курчаган мейкиндикте да салыштырмалуу начар электр талаасы түзүлөт, бул талааны *чачыроонун талаасы* деп аташат. Көпчүлүк маселелерде чачылган талааны эсепке албай эле жалпак конденсатордун электр талаасы толугу менен анын канаттарынын арасында топтолгон жана бир тектүү деп алууга болот (7.2-сүрөт). Бирок, айрым маселелерде чачыроонун талаасын эсепке албай коюу одоно каталарга алып келиши мүмкүн, анткени бул учурда электр талаасынын потенциалдык мүнөзү бузулат.



7.1-сүрөт. Жалпак конденсатордун талаасы.



7.2-сүрөт. Жалпак конденсатордун талаасынын идеалдаштырылган көрүнүшү. Мындай талаа потенциалдуулук касиетине ээ болбойт.

Жалпак конденсатордун заряддалган пластиналарынын ар бири бетине жакын жерде чыңалышынын модулу

$$E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

катнашы аркылуу туюнтулуучу электр талаасын түзөт. Суперпозиция принцибине ылайык, бул эки пластина тарабынан түзүлүүчү талаанын чыңалышы \vec{E} ар бир пластинанын талааларынын \vec{E}^+ жана \vec{E}^- чыңалыштарынын суммасына барабар:

$$\vec{E} = \vec{E}^+ + \vec{E}^-.$$

Конденсатордун ичинде \vec{E}^+ жана \vec{E}^- векторлору өз ара жарыш; ошондуктан суммардык талаанын чыңалышынын модулу

$$E = 2E_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}.$$

Бул туюнтмадан конденсатордун электр талаасынын чыңалышы анын пластиналарындагы заряддын тыгыздыгынан гана көз каранды экендигин, демек, пластиналардын арасындагы бардык чекиттерде чыңалыштын чоңдугу турактуу жана багыты бирдей, б.а. бир тектүү болорун көрө алабыз. Пластиналардын сыртында \vec{E}^+ жана \vec{E}^- векторлору карама-каршы тараптарга багытталышат жана ошондуктан $E = 0$.

Пластиналардын зарядынын беттик тыгыздыгы $\sigma = \frac{q}{S}$, мында q - заряд, ал эми S - ар бир пластинанын аянты. Пластиналардын арасындагы потенциалдардын $\Delta\varphi$ айырмасы бир тектүү электр талаасында Ed га барабар, мында d - пластиналардын арасындагы аралык. Бул туюнтмалардан жалпак конденсатордун электр сыйымдуулугу үчүн төмөнкү формуланы алууга болот:

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{\sigma \cdot S}{E \cdot d} = \frac{\varepsilon_0 S}{d}.$$

Мына ошентип, жалпак конденсатордун электр сыйымдуулугу анын канаттарынын аянтына түз жана алардын арасындагы аралыкка тескери пропорциялаш. Эгерде канаттардын арасындагы мейкиндик

диэлектрик менен толтурулса, анда конденсатордун электр сыйымдуулугу ε эсеге көбөйөт (ε - чөйрөнүн диэлектрик өтүмдүүлүгү):

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}.$$

Канаттарынын конфигурациялары башкача болгон конденсаторлорго сфералык жана цилиндрдик конденсаторлор мисал боло алат.

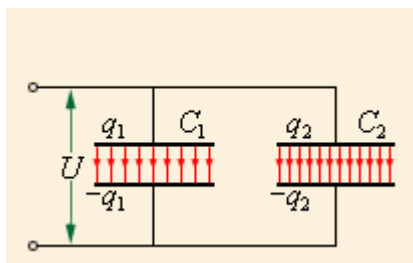
Сфералык конденсатор – радиустары R_1 жана R_2 болгон эки концентрдик (жалпы борборго ээ болгон) өткөрүүчү сфералардын системасы.

Цилиндрдик конденсатор – радиустары R_1 жана R_2 жана узундугу L болгон эки жалпы октуу өткөрүүчү цилиндрлердин системасы. Диэлектрик өтүмдүүлүгү ε болгон диэлектрик менен толтурулган мындай конденсаторлордун сыйымдуулугу төмөнкү формулалар аркылуу туюнтулат:

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \quad (\text{сфералык конденсатор}),$$

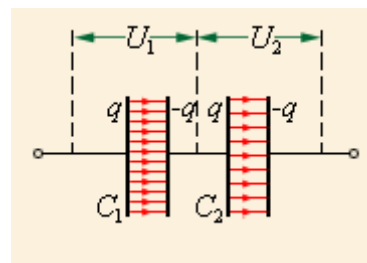
$$C = 2\pi\varepsilon_0\varepsilon \frac{L}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \quad (\text{цилиндрдик конденсатор}).$$

Конденсаторлор бири бири менен, конденсаторлордун батареясын түзүп, туташтырылышы мүмкүн. Конденсаторлорду өз ара жарыш туташтырганда (7.3-сүрөт) конденсаторлордогу чыңалуу бирдей болот: $U_1 = U_2 = U$, ал эми заряддар $q_1 = C_1 U$ жана $q_2 = C_2 U$ га барабар. Мындай системаны электр сыйымдуулугу C , канаттарынын арасындагы чыңалуу U кезинде $q = q_1 + q_2$ заряды менен заряддалган бирдиктүү



7.3-сүрөт. Конденсаторлорду жарыш туташтыруу

$$C = C_1 + C_2$$



7.4-сүрөт. Конденсаторлорду удаалаш туташтыруу

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

конденсатор катары кароого болот. Мындан

$$C = \frac{q_1 + q_2}{U} \quad \text{же} \quad C = C_1 + C_2$$

болору келип чыгат.

Мына ошентип, конденсаторлорду жарыш туташтырганда электр сыйымдуулуктары өз ара кошулат.

Удаалаш туташтырганда (7.4-сүрөт) эки конденсатордогу заряддар бирдей: $q_1 = q_2 = q$, ал эми алардагы чыңалуу $U_1 = \frac{q}{C_1}$ жана $U_2 = \frac{q}{C_2}$ ге барабар. Мындай системаны канаттарынын арасындагы чыңалуу $U = U_1 + U_2$ кезинде q заряды менен заряддалган бирдиктүү конденсатор катары кароого болот. Демек,

$$C = \frac{q}{U_1 + U_2} \quad \text{же} \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}.$$

Конденсаторлорду удаалаш туташтырганда сыйымдуулуктардын тескери чоңдуктары өз ара кошулат.

Жарыш жана удаалаш туташтыруулардын формулалары батареяга бириктирилген каалаган сандагы конденсаторлор үчүн жарактуу.

Иштин тапшырмалары

1. Суруолор

1. Конденсатор турактуу токтуң булагына туташтырылган. Конденсатордун канаттарынын арасындагы аралыкты 2 эсе чоңойтсо, андагы заряд кандай өзгөрөт?

Жообу:

- 2 эсеге көбөйөт
- 2 эсеге азаят
- өзгөрбөйт
- 4 эсеге көбөйөт
- 4 эсеге азаят

2. Жалпак конденсаторду турактуу токтуң булагынан заряддап, андан ажыраткандан кийин канаттарынын арасын $\varepsilon = 2$ болгон диэлектрик менен толтурушту жана алардын аралыгын эки эсе алыстатышты. Конденсатордогу потенциалдар айырмасы кандай өзгөрөт?

Жообу:

- 2 эсеге көбөйөт

- 2 эсеге азаят
- өзгөрбөйт
- 4 эсеге көбөйөт
- 4 эсеге азаят

3. Экөө бири-бирине жарыш жана үчүнчүсү ал экөөнө удаалаш туташтырылган бирдей конденсаторлордон түзүлгөн батареянын сыйымдуулугубарабар.

Жообу:

- $\frac{C}{3}$
- $\frac{2C}{3}$
- C
- $3C$
- $\frac{3C}{2}$

4. Ар биринин сыйымдуулугу $C = 10\text{мкФ}$ болгон жана өз ара жарыш туташтырылган 10 конденсатордун батареясынын электр сыйымдуулугу канчага барабар?

Жообу:

- 100нФ
- $0,1\text{мкФ}$
- 1мкФ
- 10мкФ
- 100мкФ

5. Сыйымдуулугу C болгон N конденсаторду өз ара жарыш туташтырып, турактуу токтуу булагына кошкондо батареянын зарядыболот.

Жообу:

- конденсаторлордун заряддарынын суммасына барабар
- ар бир конденсатордогу заряддар өз ара тең жана батареянын зарядына барабар
- ар бир конденсатордун сыйымдуулугунун ар бир конденсатордогу чыңалууга көбөйтүндүсүнө барабар
- бардык конденсаторлордогу чыңалуулар жана батареянын заряды өз ара барабар
- конденсаторлордун заряддарынын суммасынын конденсаторлордун санына болгон катышына барабар

6. Сыйымдуулугу C болгон N конденсаторду өз ара удаалаш туташтырып, турактуу токтун булагына туташтырганда конденсаторлордогу чыңалуу.....

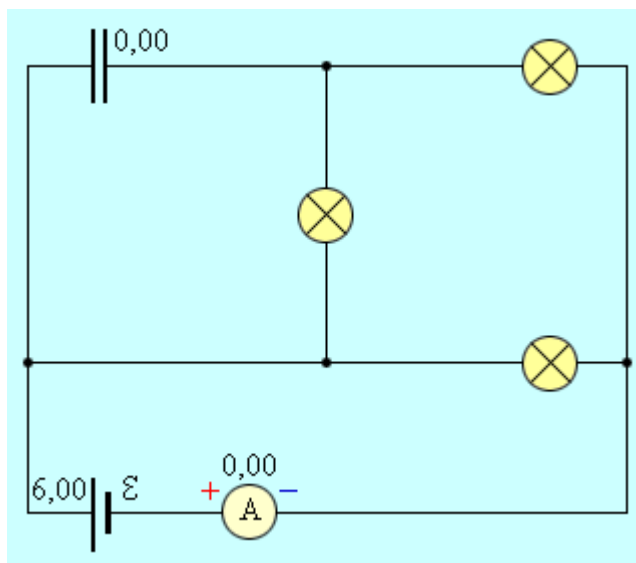
Жообу:

- а) конденсаторлордогу чыңалуулардын суммасына тескери пропорциялаш
- б) бир конденсатордун зарядынын C сыйымдуулугуна болгон катышына барабар
- в) конденсаторлордогу чыңалуулардын суммасына барабар
- г) өз ара барабар
- д) жогоруда келтирилгендердин арасында туура жообу жок.

2. Маселелер

1. Сүрөттө көрсөтүлгөн схемага кошулган конденсатордогу чыңалууну аныктагыла. Лампочкаларды бирдей каршылыктарга ээ болушкан резисторлор катары карагыла. Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообунарыды текшергиле.

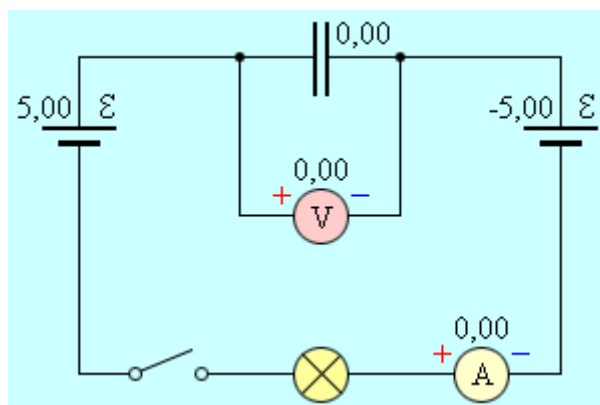
Жообу: $U = \dots\dots V$.



2. Сүрөттө көрсөтүлгөндөй өз ара удаалаш туташтырылган турактуу токтун булактарынын арасына конденсатор жана лампочка жайгаштырылган. Ачкычты кошуп чынжырды туюктагандан кийин вольтметр кандай чыңалууну көрсөтөт?

Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообунарыды текшергиле.

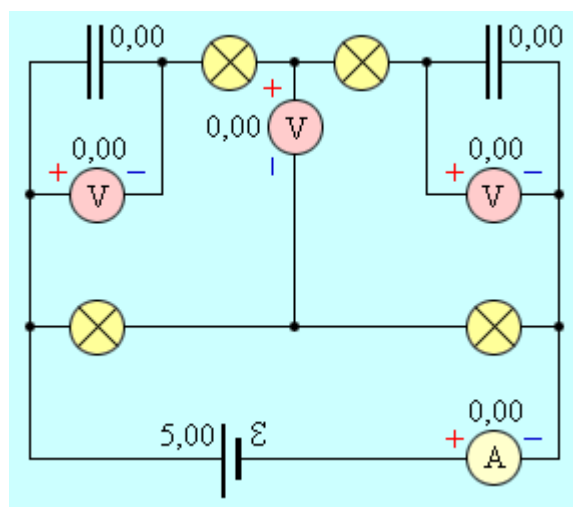
Жообу: $U = \dots\dots V$.



3. Эки конденсатор жана төрт лампочка турактуу токту $U = 5V$ булагына схемада көрсөтүлгөндөй туташтырылган. Лампочкаларды бирдей каршылыктарга ээ болушкан резисторлор катары карагыла. Чынжырга конденсаторлорго жарыш кошулган вольтметрлер эмнени көрсөтүшөт?

Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

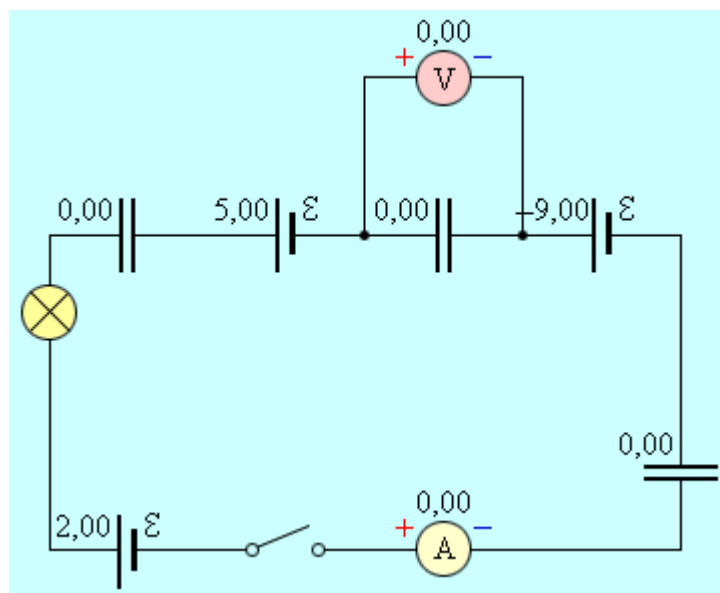
Жообу: $U = \dots\dots V$.



4. Үч бирдей конденсатор жана үч турактуу токту булагы сүрөттө көрсөтүлгөндөй тартипте схемага бириктирилген. Ачыкты кошуп чынжырды туюктагандан кийин вольтметр кандай чыңалууну көрсөтөт?

Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

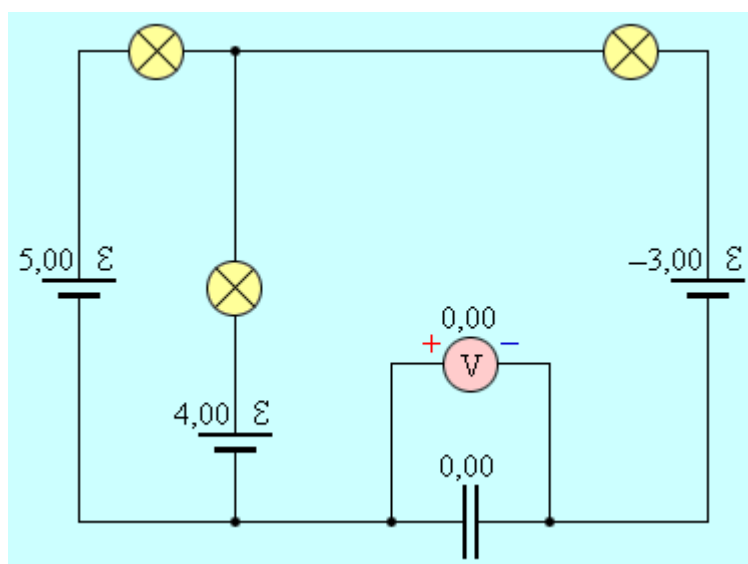
Жообу: $U = \dots\dots V$.



5. Схемага үч бирдей лампочка, ЭККлары $\mathcal{E} = 5V, \mathcal{E} = -3V, \mathcal{E} = 4V$ болгон турактуу токтуң үч булагы жана С конденсатору өз ара бириктирилген. Ачыкты кошуп чынжырды туюктаганда вольтметр эмнени көрсөтөт? Лампочкаларды каршылыктары бирдей резисторлор катары карагыла.

Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $U = \dots\dots V$.



3. Эксперименттер

Жалпак конденсатордун электр талаасынын мейкиндиктик бөлүштүрүлүшүнүн өзгөчөлүктөрүн изилдегиле.

Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун тартиби

1. Окуу китептерин, иштин баяндамасын пайдаланып ишке керектүү теориялык материал менен таанышкыла жана дептериңерге кыскача конспект түзгүлө.
2. Иштин тапшырмаларындагы суроолордун туура жоопторун тандап 7.1-таблицанын жана, маселелерди чыгарып, 7.2-таблицанын «Алдын ала эсептегенде» бөлүгүнүн «упайга» чейинки графаларын толтургула.
3. Виртуалдык лабораториялык ишти аткарууга даярдагыла. Ал үчүн «Открытая физика. 2.5.» (часть 2) окутуучу компьютердик программасынан «Лабораторная работа 2.1. Конденсаторы в цепях постоянного тока» темасын ачкыла. Экранда төмөнкү картина пайда болот. Сүрөттү көңүл коюп карап, бардык жөнгө салгычтарды, ж.б. негизги (башкаруучу) элементтерди тапкыла. Турактуу токтун электр чынжырларын (схеманы) түзүүнүн жолдору менен таанышкыла.

The screenshot shows a web browser window with the title "Лабораторная работа 2.1. Конденсаторы в цепях постоянного тока - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows the file path: "D:\distr\distr\Fizika\открытая физ-2\content\chapter2\lab1.html". The main content area is titled "Глава 2. Электромагнитные колебания и волны" and "Лабораторная работа 2.1. Конденсаторы в цепях постоянного тока". It features a grid of components for building a circuit, including a battery, a switch, a capacitor, a resistor, an ammeter, and a voltmeter. Below the grid are buttons for "Старт", "Сброс", and "Очистить". To the right, there is a "Вопрос №1" section with a question: "Конденсатор подключен к источнику постоянного тока. Как изменится заряд на обкладках конденсатора, если расстояние между ними увеличить в 2 раза?". Below the question are five radio button options: "увеличится в 2 раза", "уменьшится в 2 раза", "не изменится", "увеличится в 4 раза", and "уменьшится в 4 раза". A "ПРОВЕРИТЬ" button is located below the options. At the bottom of the question section, there are links for "Вопросы для лабораторных работ" (1-6) and "Задачи для лабораторных работ" (1-5). The browser's taskbar at the bottom shows the "Готово" button, the "пуск" button, and several open applications.

Стационардуу абалда турактуу токтун чынжырына кошулган конденсатор аркылуу ток өтпөйт. Бул учурда конденсатордогу чыңалуу чынжырдын конденсатор жарыш кошулган бөлүгүндөгү чыңалууга барабар. Чынжырды туюктаган алгачкы моментте конденсаторлордун заряддалуу процесси жүрөт. Бул өткөөл процесстин узактыгы чынжырдын каршылыгынан жана конденсатордун сыйымдуулугунан көз каранды.

Компьютердик моделди пайдаланып экранда батареялардан, конденсаторлордон жана резисторлор катары колдонулган кызытма лампочкалардан турган ар түрдүү чынжырларды түзүүгө болот. «Старт» командасын басуу менен мындай чынжырларда ачыкты кошкондо жүрүүчү өткөөл процесстерди сапаттык байкоого болот. Көргөзмөлүүлүк үчүн өткөөл процесстердин жүрүшү өтө акырындатылып берилген.

4. Экрандын оң тарабындагы программаны пайдаланып лабораториялык иштин суроолорунун тандалган жоопторунун (7.1-таблица) жана маселелердин чыгарылышынын (7.2-таблица) тууралыгын кезеги менен текшергиле. Жообуңар туура болсо - 1, ката болсо – 0 упай коюп, таблицалардын «Алдын ала эсептегенде. Упай» графасын толтургула.

Суроолордун жооптору

7.1-таблица

Суроо	<i>Алдын - ала эсептегенде</i>				<i>Виртуалдык экспериментте</i>		<i>Орточо упай</i>
	<i>таяныч формула</i>	<i>жумушчу формула</i>	<i>жообу</i>	<i>упай</i>	<i>жообу</i>	<i>упай</i>	
1							
2							
3							
4							
5							
<i>Жалпы упай:</i>							

5. Экрандын сол тарабындагы моделди пайдаланып, кезеги менен иштеги ар бир суроонун жана маселенин шартындагы жагдай так аткарылгандай кылып виртуалдык эксперимент жүргүзгүлө. Процессти моделдештирүү үчүн чоңдуктардын суроолордун же маселелердин шартындагы тиешелүү маанилеринен пайдалангыла. Ар бир эксперименттин натыйжасын таблицалардын «Виртуалдык экспериментте. Жообу» графасына, ал эми аларды текшерүүнүн натыйжасын «упай» графасына (*1 же 0*) жазгыла.

Маселелердин жооптору

7.2-таблица

Маселе	Алдын - ала эсептегенде				Виртуалдык экспериментте		Орточо упай
	таяныч формула	жумушчу формула	жообу	упай	жообу	упай	
1							
2							
3							
4							
<i>Жалпы упай:</i>							

6. Суроолор жана маселелер боюнча орточо жана жалпы упайларды эсептеп, тиешелүү графаларды толтургула.

7. Эгерде айрым суроолордун же маселелердин жооптору ката болуп калса, анын себептерин талдагыла. Туура жоопторду аныктап, түшүнүүгө жана эстеп калууга аракеттенгиле.

8. Програмадагы моделди пайдаланып, иштин тапшырмаларындагы эксперименттерди жүргүзгүлө жана тиешелүү тыянактарды жасагыла.

Жалпак конденсатордун электр талаасынын мейкиндиктик бөлүштүрүлүшүнүн өзгөчөлүктөрүн окуп үйрөнүү үчүн анын конденсатордун канаттарынын арасында, четинде жана тышында жайгашкан чекиттердеги мүнөздөмөлөрүн (чыңалышынын чоңдугун жана багытын, потенциалын) изилдеп, өз ара салыштыруу зарыл. Бул маселени чечүү үчүн программадагы «Жалпак конденсатордун талаасы» моделинен пайдалангыла.

- Моделдеги талаанын чыңалышынын күч сызыктарынын жана эквипотенциалдык сызыктардын (бирдей потенциалдарга ээ болгон чекиттердин көптүгүн) структурасына байкоо жүргүзгүлө. Алардын конденсатордун канаттарындагы заряддын чоңдугу (тыгыздыгы) менен байланышына көңүл бургула. Байкоолордун жыйынтыгын жалпак конденсатордун электр талаасынын чыңалышынын жана эквипотенциалдарынын мейкиндикте бөлүштүрүлүшү тууралуу сапаттык тыянактар түрүндө туюнткула.

- Конденсатордун электр талаасына киргизилген зарядка аракет эткен күчтүн чоңдугунун жана багытынын талаанын заряд жайгашкан чекиттеги мүнөздөмөлөрү менен байланышын изилдегиле жана аны чекиттик заряддын талаасына киргизилген зарядга аракет эткен күчтүн өзгөчөлүктөрү менен салыштырып, байкалган айырмачылыктардын себебин түшүндүргүлө.

Билимди текшерүү үчүн суроолор

1. Өткөргүчтөрдүн электр сыйымдуулугу деп эмнени айтабыз жана анын чен бирдиктерин атагыла.
2. Жалпак конденсатордун электр талаасына мүнөздөмө бергиле.
3. Конденсаторлордун түрлөрүн атагыла жана алардын электрдик схемада белгиленишин көрсөткүлө.
4. Турактуу токту чынжырындагы конденсатор аркылуу электр тогу өтөбү?
5. Электр чынжырында түрдүүчө чоңдуктагы электр сыйымдуулуктарын түзүүнүн жолдорун түшүндүргүлө.
6. Конденсатордун практикалык колдонулуштарына мисалдар келтиргиле.

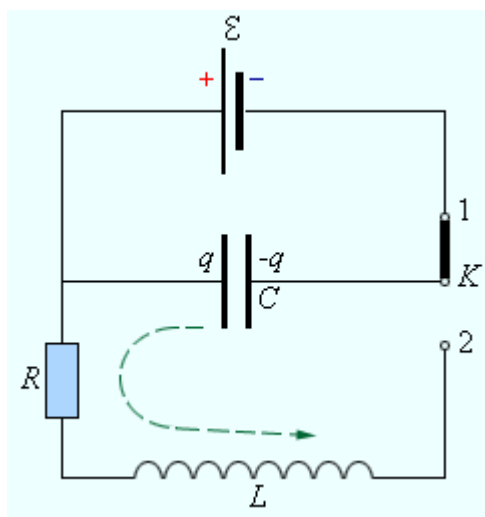
8. RLC - контурундагы эркин термелүүлөр

Иштин максаты:

- удаалаш RLC - контурундагы эркин электрдик термелүүлөрдү моделдештирүү
- эркин электрдик термелүүлөрдүн мүнөзүнүн контурдун параметрлеринен көз карандылыгын изилдөө
- контурдагы электрдик термелүүлөр кезинде энергиянын өз ара айланышын окуп үйрөнүү

Иштин кыскача теориясы

Электрдик чынжырларда, пружинага илинген жүк же маятник сыяктуу механикалык системалардагыдай эле, *эркин термелүүлөр* пайда болушу мүмкүн. Эркин термелүүлөрдү жасай алуучу эң жөнөкөй электрдик система болуп удаалаш RLC - контуру эсептелет (8.1-сүрөт).



8.1-сүрөт. Удаалаш RLC - контуру.

K ачыкчы 1 абалында турган кезде конденсатор \mathcal{E} чыңалуусуна чейин заряддалат. Ачыкчты 2 абалына өткөргөндөн кийин конденсатор R резистору жана L индуктивдүүлүгү аркылуу разряддала баштайт. Белгилүү шарттарда бул процесс термелүү мүнөзүнө ээ боло алат.

Токтун тышкы булагын камтыбаган туюк RLC - чынжыры үчүн Омдун закону төмөнкүдөй жазылат:

$$IR + U = -L \frac{dI}{dt},$$

мында $U = \frac{q}{C}$ - конденсатордогу чыңалуу, q - конденсатордун заряды,

$I = \frac{dq}{dt}$ - чынжырдагы ток. Бул катнаштын оң бөлүгүндө катушканын өздүк индукциясынын ЭККсы турат. Өзгөрүлмө чоңдук катары конденсатордун зарядын $q(t)$ тандап алган кезде RLC - контурдагы эркин термелүүлөрдү сүрөттөөчү теңдеме төмөнкүдөй түргө келтирилиши мүмкүн:

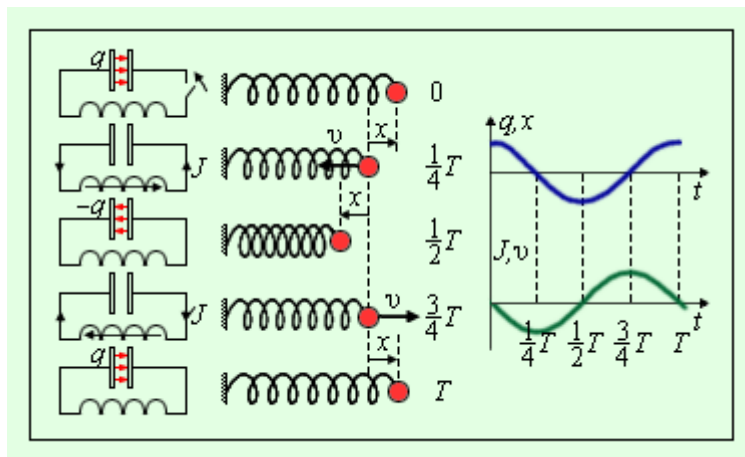
$$\ddot{q} + \frac{R}{L} \dot{q} + \frac{1}{LC} q = 0.$$

Алгач контурда электромагниттик энергия коромжуга учурабаган $\mathcal{R} = 0$ учурду карайлы. Анда

$$\ddot{q} + \omega_0^2 q = 0,$$

мында $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ белгилөөсү киргизилди. Бул теңдеме LC - контурундагы өчпөөчү эркин термелүүлөрдү сүрөттөйт. Ал көрүнүшү боюнча сүрүлүү күчү аракет этпеген учурдагы пружинадагы жүктүн эркин термелүүлөрүнүн теңдемеси ($\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$) менен дал келет. 8.2-сүрөт эркин электрдик жана механикалык термелүү процесстеринин

окшоштуктарын чагылдырат. Сүрөттө конденсатордун зарядынын өзгөрүшүнүн $q(t)$ жана жүктүн тең салмактуу абалынан жылышынын $x(t)$ графиктери, ошондой эле токтун $I(t)$ жана жүктүн ылдамдыгынын $v(t)$ термелүүлөрдүн бир мезгили $\left(T = \frac{2\pi}{\omega_0}\right)$ ичиндеги графиктери келтирилген.



8.2-сүрөт. Эркин электрдик жана механикалык термелүү процесстеринин окшоштуктары

Пружинадагы жүктүн эркин термелүүлөрүн жана электрдик термелүү контурундагы процесстерди өз ара салыштыруу электрдик жана механикалык чоңдуктардын окшоштуктары жөнүндө тыянак жасоого мүмкүндүк берет. Бул окшоштуктар төмөнкү таблицанда берилген.

Электрдик чоңдуктар		Механикалык чоңдуктар	
Конденсатордун заряды	$q(t)$	Координата	$x(t)$
Чынжырдагы ток	$I = \frac{dq}{dt}$	Ылдамдык	$v = \frac{dx}{dt}$
Индуктивдүүлүк	L	Масса	m
Сыйымдуулукка тескери чоңдук	$\frac{1}{C}$	Катуулук	k
Конденсатордогу чыңалуу	$U = \frac{q}{C}$	Серпилгичтүү күч	kx
Конденсатордун электр талаасынын энергиясы	$\frac{q^2}{2C}$	Пружинанын потенциалдык энергиясы	$\frac{kx^2}{2}$
Түрмөктүн магнит талаасынын энергиясы	$\frac{LI^2}{2}$	Кинетикалык энергия	$\frac{mv^2}{2}$
Магнит агымы	LI	Импульс	mv

Каршылыксыз термелүү контурундагы эркин термелүүлөр гармоникалык мүнөздө болушат, б.а.

$$q(t) = q_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

закону боюнча термелишет.

Термелүү контурунун L жана C параметрлери эркин термелүүлөрдүн өздүк жыштыгын гана аныкташат:

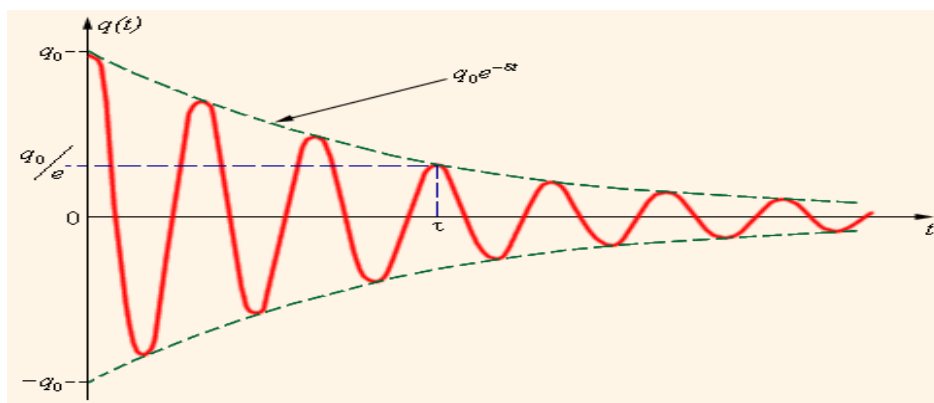
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Амплитуда q_0 жана баштапкы фаза φ_0 баштапкы шарттар менен, б.а. системаны тең салмактуулук абалынан чыгаруунун жолу менен аныкталат. Мисалы, K ачкычын 2 абалына өткөргөндөн кийин контурда башталуучу термелүү процесси үчүн, $q_0 = C\varepsilon$, $\varphi_0 = 0$.

Эркин термелүүлөр жүрүп жаткан кезде конденсатордо топтолгон $W_э$ электр энергиясынын катушкадагы $W_м$ магнит талаасынын энергиясына жана тескерисинче мезгилдүү айлануулары орун алат. Эгерде термелүү контурунда энергия жоготууга учурабаса, анда системанын толук электромагниттик энергиясы өзгөрүүсүз кала берет:

$$W = W_э + W_м = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = const.$$

Ар кандай реалдуу контурлар электрдик каршылыкка $R \neq 0$ ээ. Мындай контурдагы эркин термелүүлөр процесси гармоникалык законго баш ийбейт. Термелүүлөрдүн ар бир мезгили ичинде контурда топтолгон электромагниттик энергиянын кандайдыр-бир бөлүгү джоуль жылуулугуна айланат да, термелүүлөр өчүүчү мүнөзгө ээ болушат (8.3-сүрөт).



8.3-сүрөт. Контурдагы өчүүчү термелүүлөр.

Электр контурундагы өчүүчү термелүүлөр пружинага илинген жүктүн кыймылынын ылдамдыгына түз пропорциялаш өзгөргөндөй $R_{суп} = \beta v$ илешимдүү сүрүлүү аракет эткен учурдагы өчүүчү

термелүүлөргө окшош. Бул формуладагы β коэффициенти электр контурундагы R каршылыгына окшош. Активдүү каршылыкка ээ болгон контурдагы эркин термелүүлөрдүн теңдемеси

$$\ddot{q} + 2\delta\dot{q} + \omega_0^2 q = 0$$

көрүнүшүнө ээ.

$\delta = R/2L$ физикалык чоңдугу *өчүүнүн коэффициенти* деп аталат.

Бул дифференциалдык теңдеменин чечими

$$q(t) = q_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$$

термелүүлөрдүн өчүүсүн сүрөттөөчү $\exp(-\delta t)$ көбөйтүүчүсүн камтыйт.

Өчүүнүн ылдамдыгы контурдун R электрдик каршылыгынан көз каранды. Термелүүлөрдүн амплитудасы $e \approx 2,7$ эсе азайган убакыт

интервалы $\tau = \frac{1}{\delta}$ *өчүүнүн убактысы* деп аталат.

Термелүүчү системанын *үнөмгерчилиги* (добротность):

$$Q = \pi N = \pi \frac{\tau}{T},$$

мында N – системанын бир өчүү убактысы (τ) ичинде жасаган толук термелүүлөрүнүн саны. Эркин термелүүлөрдү жасоого жөндөмдүү ар кандай термелүүчү системанын Q үнөмгерчилигине энергетикалык аныктама берүүгө болот:

$$Q = 2\pi \frac{\text{термелуучу системадагы энергиянын запасы}}{\text{энергиянын бир мезгил ичиндеги жоготулушу}}$$

RLC -контур үчүн Q үнөмгерчилиги

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

формуласы аркылуу туюнтулат.

Радиотехникада колдонулуучу электрдик контурлардын үнөмгерчилиги адатта бир нече ондук жана жүздүк тартиптерге жетет.

Үнөмгерчилиги анчалык чоң болбогон контурдагы эркин термелүүлөрдүн өздүк жыштыгы ω ошондой эле маанидеги L жана C ларга ээ болгон идеалдуу контурдун ω_0 өздүк жыштыгынан бир аз төмөн болоорун белгилей кетүү зарыл. Бирок $Q \geq 10$ болгон учурларда бул айырмачылыкты эсепке албай эле коюуга болот.

Иштин тапшырмалары

1. Суроолор

1. Термелүү контурундагы C конденсаторду башка, сыйымдуулугу $\frac{C}{4}$ болгон, конденсатор менен алмаштырганда эркин термелүүлөрдүн мезгили кандай өзгөрөт?

Жообу:

- эки эсе көбөйөт
- 4 эсеге көбөйөт
- 2 эсе азаят
- 4 эсеге азаят
- өзгөрбөйт.

2. L индуктивдүүлүк түрмөгүнөн жана C сыйымдуулугунан турган термелүү контурунда эркин термелүүлөр жүрөт. Эркин термелүүлөрдүн мезгили кайсы туюнтма аркылуу аныкталат?

Жообу:

- \sqrt{LC}
- $\frac{1}{\sqrt{LC}}$
- $\frac{2\pi}{\sqrt{LC}}$
- $2\pi\sqrt{LS}$
- $\frac{1}{2\pi\sqrt{LS}}$.

3. R каршылыгынан, L индуктивдүүлүк түрмөгүнөн жана C сыйымдуулугунан турган термелүү контурунда эркин термелүүлөр жүрүп турат. Индуктивдүүлүк 2 эсеге, ал эми сыйымдуулук 4 эсеге көбөйгөн кезде конденсатордун баштапкы заряды канча эсеге өзгөрөт?

Жообу:

- 8 эсеге азайды
- 4 эсеге азайды
- 8 эсеге көбөйдү
- 4 эсеге көбөйдү
- өзгөрбөйт.

4. R каршылыгынан, L индуктивдүүлүк түрмөгүнөн жана C сыйымдуулугунан турган термелүү контурунда эркин термелүүлөр жүрүп турат. Сыйымдуулукту 4 эсе азайтканда (орусчасында – көбөйткөндө) эркин термелүүлөрдүн жыштыгы.....

Жообу:

- 2 эсеге көбөйтөт
- 4 эсеге көбөйтөт
- 2 эсеге азаят
- 4 эсеге азаят
- өзгөрбөйт.

5. R каршылыгынан, L индуктивдүүлүк түрмөгүнөн жана C сыйымдуулугунан турган термелүү контурунда эркин термелүүлөр жүрүп турат. Кандай учурда контур эркин өчпөөчү термелүүлөр жүрүп туруучу идеалдуу контур болот?

Жообу:

- а) Сыйымдуулук жана индуктивдүү каршылыктар өз ара тең болгон учурда
- б) Термелүүлөр дайыма өчүүчү болушат
- в) Резонанс учурунда
- г) Өтө үнөмгөр контурларда
- д) $R = 0$ болгон кездеги контурларда

6. $L = 2\text{ мГн}$ болгон индуктивдүүлүк түрмөгүнөн жана $C = 10\text{ мкФ}$ болгон сыйымдуулуктан турган энергия коротпогон $R = 0$ идеалдуу термелүү контурунда эркин термелүүлөр жүрүп турат. Сыйымдуулукту 5 эсеге азайтып, индуктивдүүлүктү 5 эсеге көбөйткөн кезде эркин термелүүлөрдүн мезгили канча эсеге өзгөрөт?

Жообу:

- 25 эсеге көбөйтөт
- 25 эсеге азаят
- 5 эсеге көбөйтөт
- 5 эсеге азаят
- өзгөрбөйт.

7. $L = 2\text{ мГн}$ болгон индуктивдүүлүк түрмөгүнөн жана $C = 10\text{ мкФ}$ болгон сыйымдуулуктан турган энергия коротпогон $R = 0$ идеалдуу термелүү контурунда эркин термелүүлөр жүрүп турат. Конденсатордун баштапкы зарядын 4 эсеге көбөйткөндө эркин термелүүлөрдүн мезгили канча эсеге өзгөрөт?

Жообу:

- 4 эсеге көбөйөт
- 4 эсеге азаят
- 2 эсеге көбөйөт
- 2 эсеге азаят
- өгөрбөйт

2. Маселелер

1. L индуктивдүүлүк түрмөгүнөн жана C сыйымдуулугунан турган энергия коротпогон $\mathcal{R} = 0$ идеалдуу термелүү контурунда эркин термелүүлөр жүрүп турат. Сыйымдуулукту 4 эсеге, ал эми индуктивдүүлүктү 2 эсеге азайтканда эркин термелүүлөрдүн мезгили канча эсеге өзөрөт?

Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: эсеге.

2. L индуктивдүүлүк түрмөгүнөн жана C сыйымдуулугунан турган энергия коротпогон $\mathcal{R} = 0$ идеалдуу термелүү контурунда эркин термелүүлөр жүрүп турат. Чынжырдагы I тогу конденсатордогу Q зарядынан фазасы боюнча канчага алдыга озуп термелет? Жообуңарды градустарда жазгыла.

Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу:⁰ ка.

3. $R = 11,5 \text{ Ом}$ каршылыгынан, $L = 3,4 \text{ мГн}$ индуктивдүүлүк түрмөгүнөн жана $C = 2,5 \text{ мкФ}$ сыйымдуулугунан турган идеалдуу термелүү контурунда өчүүчү термелүүлөр жүрөт. Термелүүлөрдүн амплитудасы $e = 2,7$ эсеге азайган убакытты аныктагыла.

Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $\tau =$ мс.

4. $R = 11,5 \text{ Ом}$ каршылыгынан, $L = 3,4 \text{ мГн}$ индуктивдүүлүк түрмөгүнөн жана $C = 2,5 \text{ мкФ}$ сыйымдуулугунан турган идеалдуу термелүү контурунда өчүүчү термелүүлөр жүрөт. Конденсатордун баштапкы 2 мкКл зарядын 2 эсеге азайтышты. Термелүүлөрдүн амплитудасы $e = 2,7$ эсеге азайган убакытты аныктагыла.

Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $\tau =$ мс.

5. $R = 20 \text{ Ом}$ каршылыгынан, $L = 3,9 \text{ мГн}$ индуктивдүүлүк түрмөгүнөн жана C сыйымдуулугунан турган идеалдуу термелүү контурунда өчүүчү термелүүлөр жүрөт. Термелүүлөрдүн амплитудасы $e = 2,7$ эсеге азайган τ убактысы термелүүлөрдүн $T = 0,78 \text{ мс}$ болгон мезгилинен эки эсеге кыска (орусчасында – чоң). C сыйымдуулугу канчага барабар?

Компьютердик эксперимент жүргүзүп, жообуңарды текшергиле.

Жообу: $C = \quad \text{мкФ}$.

3. Эксперименттер

Термелүү контурундагы өчпөөчү жана өчүүчү эркин электрдик термелүүлөрдүн өзгөчөлүктөрүн изилдегиле.

Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун тартиби

1. Окуу китептерин, иштин баяндамасын пайдаланып ишке керектүү теориялык материал менен таанышкыла жана дептериңерге кыскача конспект түзгүлө.

2. Иштин тапшырмаларындагы суроолордун туура жоопторун тандап 8.1-таблицанын жана, маселелерди чыгарып, 8.2-таблицанын «Алдын ала эсептегенде» бөлүгүнүн «упайга» чейинки графаларын толтургула.

3. Виртуалдык лабораториялык ишти аткарууга даярдагыла. Ал үчүн «Открытая физика. 2.5.» (часть 2) окутуучу компьютердик программасынан «Лабораторная работа 2.2. Свободные колебания в RLC- контуре» темасын ачкыла. Экранда төмөнкү картина пайда болот. Сүрөттү көңүл коюп карап, бардык жөнгө салгычтарды, ж.б. негизги башкаруучу элементтерди тапкыла.

Лабораторная работа 2.2. Свободные колебания в RLC контуре - Microsoft Internet Explorer

Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка

Назад Поиск Избранное

Адрес: D:\distri\distr\Fizika\открытая физ-2\content\chapter2\lab2.html

Глава 2. Электромагнитные колебания и волны

Лабораторная работа 2.2. Свободные колебания в RLC контуре

Вопрос №1

Как изменится период свободных колебаний в колебательном контуре, если конденсатор контура C заменить другим конденсатором с емкостью $C/4$?

- увеличится вдвое
- увеличится в 4 раза
- уменьшится вдвое
- уменьшится в 4 раза
- не изменится

ПРОВЕРИТЬ

Вопросы для лабораторных работ
1 2 3 4 5 6 7

Задачи для лабораторных работ
1 2 3 4 5

Готово Мой компьютер

пуск Лабораторная рабо... Документ1 - Microso... EN 12:55

Модель удаалаш RLC-контурндагы эркин термелүүлөрдү окуп үйрөнүүгө арналган.

Энергия коротпоочу идеалдуу контурда ($R=0$) жыштыгы $\omega_0 = 2\pi/T = 1/\sqrt{LC}$ болгон эркин өчпөөчү термелүүлөр жүрөт. Каршылыкка ээ болгон контурда ($R \neq 0$) энергия коромжуга учурап, эркин термелүүлөр өчүүчү мүнөзгө ээ болот. Термелүүлөрдүн амплитудасы убакыттын өтүшү менен экспоненциалдык закон боюнча азаят. Термелүүлөрдүн амплитудасы $e=2,7$ эсе басаңдаган убакыт өчүүнүн убактысы деп аталат. Ал $\tau = 2L/R$ ге барабар.

Компьютердик моделде R , L жана C чоңдуктарын, ошондой эле конденсатордун баштапкы Q_0 зарядын да өзгөртүүгө болот. Дисплейде $Q(t)$ нын жана $I(t)$ тогунун графиктери чийилип көрсөтүлөт. Чынжырдагы ток $I(t)$ фазасы боюнча конденсатордогу $Q(t)$ зарядынан $\pi/2$ бурчуна озуп өзгөрөт. Бир термелүү мезгили ичинде конденсатордо топтолгон электр энергиясы түрмөктүн магниттик энергиясына жана тескерисинче эки жолудан айланарына көңүл бургула.

4. Экрандын оң тарабындагы программаны пайдаланып лабораториялык иштин суроолорунун тандалган жоопторунун (8.1-таблица) жана маселелердин чыгарылышынын (8.2-таблица) тууралыгын кезеги менен текшергиле. Жообуңар туура болсо - 1, ката болсо - 0 упай коюп, таблицалардын «Алдын ала эсептегенде. Упай» графасын толтургула.

Суроолордун жооптору

8.1-таблица

Суроо	Алдын - ала эсептегенде				Виртуалдык экспериментте		Орточо упай
	таяныч формула	жумушчу формула	жообу	упай	жообу	упай	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
<i>Жалпы упай:</i>							

5. Экрандын сол тарабындагы моделди пайдаланып, кезеги менен иштеги ар бир суроонун жана маселенин шартындагы жагдай так аткарылгандай кылып виртуалдык эксперимент жүргүзгүлө. Процессти моделдештирүү үчүн чоңдуктардын суроолордун же маселелердин шартындагы тиешелүү маанилеринен пайдалангыла. Ар бир эксперименттин натыйжасын таблицалардын «Виртуалдык экспериментте. Жообу» графасына, ал эми аларды текшерүүнүн натыйжасын «упай» графасына (1 же 0) жазгыла.

Маселелердин жооптору

8.2-таблица

Маселе	Алдын - ала эсептегенде				Виртуалдык экспериментте		Орточо упай
	таяныч формула	жумушчу формула	жообу	упай	жообу	упай	
1							
2							
3							
4							
5							
<i>Жалпы упай:</i>							

6. Суроолор жана маселелер боюнча орточо жана жалпы упайларды эсептеп, тиешелүү графаларды толтургула.

7. Эгерде айрым суроолордун же маселелердин жооптору ката болуп калса, анын себептерин талдагыла. Туура жоопторду аныктап, түшүнүүгө жана эстеп калууга аракеттенгиле.

8. Програмадагы моделди пайдаланып, иштин тапшырмаларындагы эксперименттерди жүргүзгүлө жана тиешелүү тыянактарды жасагыла.

Термелүү контурундагы электрдик термелүүлөрдү окуп үйрөнүү үчүн программадагы «RLC-контурундагы эркин термелүүлөр» аттуу моделден пайдаланыла.

- Өчпөөчү электрдик термелүүлөрдү моделдештирүү үчүн термелүү контурунун активдүү каршылыгын нөлгө барабар ($R = 0$) деп эсептегиле. Моделди иштетип, термелүү учурунда конденсатордогу заряддын жана чынжырдагы ток күчүнүн өзгөрүүсүнө байкоо жүргүзгүлө. $Q(t)$ же $I(t)$ көз карандылыктарынын графиктеринен пайдаланып эркин электрдик термелүүлөрдүн мүнөздөмөлөрү (T, ω_0) конденсатордогу баштапкы заряддын чоңдугунан, анын сыйымдуулугунан жана түрмөктүн индуктивдүүлүгүнөн кандайча көз каранды болорун аныктагыла.

Байкоолордун сапаттык натыйжаларын 8.3- таблицкага түшүргүлө.

Өчпөөчү эркин электрдик термелүүлөрдүн мезгилинин жана өздүк жыштыгынын контурдун параметрлеринен көз карандылыгы.

8.3-таблица

	$L = const, C = const$ Заряд Q		$L = const, Q = const$ Сыйымдуулук C		$C = const, Q = const$ Индуктивдүүлүк L	
	көбөйгөндө	азайганда	көбөйгөндө	азайганда	көбөйгөндө	азайганда
T						
ω_0						

- Өчүүчү эркин электрдик термелүүлөрдүн өчүү тездигинин (убакытынын) контурдун параметрлеринен көз карандылыгын изилдегиле.

$Q(t)$ же $I(t)$ көз карандылыктарынын графиктеринен эркин термелүүнүн өчүү тездиги конденсатордогу баштапкы заряддын чоңдугунан, анын сыйымдуулугунан, түрмөктүн индуктивдүүлүгүнөн жана чынжырдын активдүү каршылыгынан кандайча көз каранды болоруна байкоо жүргүзгүлө. Байкоолордун натыйжасын 8.4- таблицкага түшүргүлө.

*Эркин электрдик термелүүлөрдүн өчүү убакытынын контурдун
параметрлеринен көз карандылыгы*

8.4- таблица

	$(C, L, R = const)$ Заряд Q		$(Q, L, R = const)$ Сыйымдуулук C		$(Q, C, R = const)$ Индуктивдүүлүк L		$(Q, C, L = const)$ Каршылык R	
	<i>көбөйгөндө</i>	<i>азайганда</i>	<i>көбөйгөндө</i>	<i>азайганда</i>	<i>көбөйгөндө</i>	<i>азайганда</i>	<i>көбөйгөндө</i>	<i>азайганда</i>
τ								

- Моделдеги энергетикалык диаграмманы пайдаланып эркин электрдик термелүүлөр жүрүп жаткан кезде электрдик жана магниттик энергиялардын өз ара айланууларына байкоо жүргүзгүлө жана бул процесстин Q , C , L жана R ден көз карандылыктары тууралуу сапаттык тыянак жасагыла.

Билимди текшерүү үчүн суроолор

1. Эркин электрдик термелүүлөр деп эмнени айтабыз жана аларды кантип дүүлүктүрүүгө болот?
2. Эркин электрдик термелүүлөр учурунда өзгөрүүчү физикалык чоңдуктарды атагыла жана алардын өз ара байланышын түшүндүргүлө.
3. Электрдик термелүүлөрдүн мезгили жана жыштыгы эмнеден көз каранды?
4. Чынжырдын каршылыгы электрдик термелүүлөрдүн мүнөзүнө кандайча таасир көргөзөт?
5. Өчпөөчү электрдик термелүүлөрдү кантип алууга болот?
6. Өчпөөчү электрдик термелүүлөр учурунда энергиянын сакталуу закону аткарылабы?

АДАБИЯТТАР

1. Ю.В.Тихомиров. Универсальный лабораторный практикум по курсу физики на основе компьютерных моделей. - М.: Открытое образование, 3, 2004. с.17-26.
2. «Открытая физика 2.5» (CD, часть 1 и 2). Обучающая компьютерная программа. ООО Физикон, Долгопрудный (Россия), 2002.
3. «Открытая физика 2.6» (CD, часть 1 и 2). Обучающая компьютерная программа. ООО Физикон, Долгопрудный (Россия), 2004.
4. Физикалык практикум. Молекулалык физика. // Түз. Ж.Эгембердиев, П.Кожобекова, Ж.Мамасадыкова. – Ош, ОшМУ: «Билим», 2008.-196 б.
5. Кидибаев М., Шаршеев К. Жалпы физика курсу. Электр жана магнетизм. - Б., 2004. - 440 б.
6. Марипов А. Электр жана магнит кубулуштары (лекциялардын жыйнагы). - Ош, 1993. -148 б.
7. Папиев М., Ташиев Ү.Ж., Бөкөев К.А. Физиканын негиздери. Электродинамика, 1-2-бөлүк. - Ош, 2001.
8. Эгембердиев Ж., Кожобекова П. Виртуалдык физикалык практикумду уюштуруп өткөрүүнүн айрым маселелери. Тезисы докл. второй международной научной конференции «Физика и физическое образование». –Бишкек, 2008. – с.113.

Басууга берилди: _____

Формат: 60x84 1Y16
Буйрутма: №__

Көлөмү: 8 б.т.
Нускасы: 300 даана.

ОшМУ, "Билим" редакциялык-басма бөлүмү
Ош шаары, Ленин к., 331, каб.135., тел.: 7.20.61

