Қазақстан Җумһурийити Билим вә пән министрлиги тәвсиә қилған

Н.А. Закирова
Р. Р. Аширов

ФИЗИКА

Умумий билим беридиған мәктәпләрниң
тәбиий-математикилиқ йөнилишидики
10-синиплири үчүн дәрислик

10

баспасы
арман-пв

УДК 373
ББК 74.262.22
З16

__Қазақ тилидин тәрҗимә қилған:__ А.М.Илишев

Закирова Н.А. вә б.
З16 **Физика:** умумий билим беридиған мәктәпниң тәбиий-математикилиқ йөнилишидики 10-синипиға беғишланған дәрислик./ Н.А. Закирова, Р.Р. Аширов – Нур-Султан: «Арман-ПВ» нәшрияти, 2019. – 336 б.

ISBN 978-601-318-277-3

«Физика» дәрислиги умумий билим беридиған мәктәпниң тәбиий-математикилиқ йөнилишидики 10-синипиға беғишланған йеңиланған мәзмундики үлгилик оқуш программисиға мувапиқ келиду. Материалларни мәзмунлашта оқутушниң илмий нәзәрийәси вә оқуғучиларниң яш алаһидиликлири инавәткә елинған.

УДК 373
ББК 74.262.22

© Закирова Н.А.,
Аширов Р.Р., 2019
© «Арман-ПВ» нәшрияти, 2019

Пүткүл һоқуқлири қоғдалған. Нәшрияттниң рухситисиз көчирип бесишқа болмайду.

Шәртлик бәлгүләр

Енқилимилар

Тәкшүрүш соаллири

Нәзәрийәвий материал бойичә өзини тәкшүрүшкә беғишланған соаллар

Көнүкмә 1

Синипта орунлинидиған көнүкмиләр

Экспериментлиқ тапшурмилар

Тәтқиқат ишлириға беғишланған тапшурмилар

Иҗадий тапшурма

Иҗадийәт сәвийәсидики тапшурмилар

Җавави қандақ

Физикилиқ һадисиләрниң мәнасини чүшәндүрүшни тәләп қилидиған соаллар

Тапшурма

Синипта орунлинидиған тапшурмилар

Өз тәҗрибәңлар

Синипта орунлинидиған экспериментлиқ тапшурмилар

Бу қизиқ!

Мавзуға бағлинишлиқ қошумчә әхбаратлар

Муһим әхбарат

Мавзуни чоңқурирақ чүшиниш үчүн һаҗәтлик әхбаратлар

Әскә чүшириңлар!

Өзләштүрүлгән материални тәкрарлашқа беғишланған тапшурмилар

Нәзәр селиңлар!

Көнүкмини орунлаш пәйтидә қийин-чилиқ пәйда қилидиған оқуш материали

Әстә сақлаңлар!

Хатирилик язмилар

Киришмә

Балилар, физикини оқуш арқилиқ силәр механикилиқ, иссиқлиқ, электромагнитлиқ һадисиләр, атом вә ядрониң түзүлүши билән тонуш болдуңлар. Мәктәпниң физика курсида силәр униң асасий бөлүмлири билән тонушушни тамамлидиңлар. 10-синипқа беғишланған физика дәрислигини вароқлап қарайдиған болсаңлар, жуқарқи синипта механикини, молекулилиқ физикини, электроднамикини давамлаштуруп оқуйдиғиниңларни байқайсиләр. Оқушни жуқури оқуш орунлирида давамлаштурғандиму, физикиниң мошу бөлүмлирини қараштурисиләр. Бу – физика илимини оқуп-тәтқиқ қилишниң алаһидилиги.

Физика тәтқиқ қилидиған һәрбир һадисә тәбиәтниң башқиму һадисилири билән үзлүксиз бағлиништа болиду. Қоршиған әтрапта пәқәт механикилиқ, иссиқлиқ яки электромагнитлиқ һадисиләр болмайду, дуния биртуташ. Дуниятонушниң илмий биртуташ көрүнүшини қелиплаштуруш үчүн, биз униң айрим көрүнишлирини қарштуримиз.

Тәбиәт һадисилирини тәтқиқ қилиш жәриянида иссиқлиқ вә оптикилиқ һадисиләр, жисимларниң өз ара әвришим тәсирлишишидин, жисимни тәшкил қилидиған зарядләнгән зәрриләрниң өз ара тәсирлишиши пәйда болидиғанлиғи бәлгүлүк болған. Электромагнитлиқ өз ара тәсирлишиш қанунлирни билмәстин, механикилиқ, иссиқлиқ вә оптикилиқ һадисиләрни толуқ чүшиниш мүмкин әмәс. Механикиниң көплигән қанунлири билән тәңлимилирини микродунияға қоллинишқа болидиғанлиғи, әҗайип һадисидәк көрүниду.Электр вә магнит мәйданидики зарядләнгән зәрриләрниң иштиклиши Ньютонниң иккинчи қанунини қоллиниш арқилиқ ениқлиниду. Кинематикиниң һәрикәтлиниш тәңлимиси уларниң илдамлиқлири билән орун йөткишини ениқлаш үчүн қоллинилиду.

Шундақ қилип, асасий мәктәпниң физика курсида тонушқан физикилиқ һадисилири һәқиқий һадисиләрниң умумий үлгисидә ясалған, шуңлашқа уларниң һәртәрәптин тәстиқләшни тәләп қилиду. Жуқарқи синип вә жуқури оқуш орунлиридики физика курсида физикиниң шу бөлүмлири чоңқурлитип оқутулиду.

Әһмийәттә физикиниң һәммә қанунлири математика тилида берилиду, шуниң үчүн улар мурәккәп болуп келиду. Математика тиллиниң мурәккәплиги вә байлиғи тәбиәт һадисилириниң модельлерини мүмкин болушчә һәқиқий һадисиләргә йеқинлаштурушқа мүмкинчилик яритиду. Бу физикилиқ һадисиләрни йәнә бир қетим қайтилап тәтқиқләшниң бир сәвәви.

Дәрисликниң һәр параграфиниң ахирида тәкшүрүш вә «җавави қандақ?» соаллири вә һесаплаш тапшурмилири берилгән. Физикилиқ һадисиләрни чоңқур оқуп билиш үчүн һесапларниң қошумчә топламлирини қоллиниш һаҗәт. Дәрисликтә шуниң билән қатар, өйдә орунлашқа берилгән экспериментлиқ вә иҗадий тапшурмилар берилгән.

Лабораториялик ишлар, җәдвәллик өлчәм бирликләр, вә тапшурмиларниң җаваплири дәрисликниң ахирқи бәтлиридә берилгән.

Физикини оқуп-үгиниш – өзүмиз һаят кәчүридиған дунияни тонуп билиштур. Мошундақ қизиқ пәнни өзләштүрүшкә мувәппәқийәтләр тиләймиз!

Муәллипләр

«Механика» (μηχανική) сөзи, қедимий грек тилидин тәрҗимә қилғанда – «түзүлмиләр ясаш һүнири» дегән мәнани бериду. Физикиниң бөлүми ретидә «механикиниң» мәнаси чоңқурирақ.

Механика – материялиқ җисимларниң механикилиқ һәрикити вә уларниң өз ара тәсирлишиши тоғрилиқ илим.

Бу бапта механикиниң кинематика,динамика,статика,сақлиниш қанунлири, аэродинамика вә гидродинамика бөлүмлиридики бир қатар мәсилиләр қараштурлиду.

МЕХАНИКА

1

1-БАП

КИНЕМАТИКА

Кинематика (грекниң **κινειν** сөзидин) – җисимларниң һәрикәт қанунлирини уларниң массиси билән җисимға тәсир қилидиған күчләрни инавәткә алмай характерләйдиған механикиниң бөлүми.

Кинематика һәрикәттики объектиниң хусусийәтлиригә бағлинишсиз, мундақ бөлүмләргә бөлүниду: чекит кинематикиси, қаттиқ җисимларниң кинематикиси вә һәрқачан өзгиридиған муһитлар – деформациялинидиған қаттиқ җисим, суюқлуқлар вә газлар кинематикиси. Кинематикида һәрикәтни таллаш, уларни қандақту бир бәлгүлири бойичә түрләргә бөлүш болуп һесаплиниду.

Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:

- физикиниң һазирқи замандики орни тоғрилиқ пикирлирини билдүрүш вә униңға өз испатлимилирини кәлтүрүшни;
- системилиқ вә тәсадипий хаталарни ажритишни билишни;
- бағлинишлиқ, бағлинишсиз вә турақлиқ физикилиқ миқдарларни ениқлашни;
- физикилиқ миқдарларниң өлчәш дәллигини инавәткә елип, тәҗрибилик тәтқиқләрниң ахирқи нәтиҗилирини йезишни;
- җисимниң бирхил иштиклимә һәрикити вақтидики илдамлиқниң вақитқа бағлинишлиқ графигини пайдилинип, орун алмаштуруш формулисини йәкүнләп чиқириш.
- санлиқ вә графикилиқ һесапларни йешиштә кинематикиниң тәңлимилирини қоллинишни;
- инвариантлиқ вә нисбий физикилиқ миқдарларни ажритишни билиш;
- һесаплар чиқиришта орун алмаштуруш билән илдамлиқларни қошушниң классикилиқ қанунлирини пайдилинишни;
- әгир сизиқлиқ һәрикәт вақтида җисимниң тангенциаллиқ, мәркәзгә интилғучи вә толуқ иштикләшлирини, траекторияниң әгирлик радиусини ениқлайду;
- упуққа булуң ясап ташланған җисимниң һәрикити вақтида кинематикилиқ миқдарларни ениқлашни;
- упуққа булуң ясап ташланған җисимниң һәрикитиниң траекториясини тәтқиқ қилишни үгинисиләр.

§ 1. Физикиниң һазирқи замандики орни

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *һазирқи заман физикисиниң роли тоғрилиқ оюңларни билдүрүп, пикирлириңларға испат кәлтүрүшни үгинисиләр.*

1-тапшурма

1. Интернет тармақлиридики материалларни пайдилинип, химиялик физика, геофизика, агрофизика, биофизика – йеңи илимлирниң қандақ тәкшүрүшләрни жүргүзүлидиғанлиғини ениқлаңлар
2. Йеңи илимлар тизимини өзәңлар билидиған йеңи йөнилишләр билән толуқтуруңлар.

Җавави қандақ?

1. *Һазирқи заманда тәбиий илимларниң бириктүрүлүшиниң сәвәви немидә?*
2. *Немә сәвәптиин илим ишләпчиқириш күчигә айланди?*

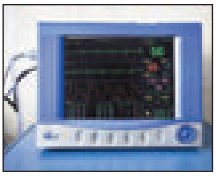
2-сүрәт. *Қазақстанлиқ «КАЗЦИНК» компаниясиниң геофизикилиқ тәкшүрүшләргә беғишланған вертолетлуқ-лабораторияси*

Илимниң мәхсити – җәмийәт вә келәчәк әвлат үчүн билимни мукәммәләштүрүш вә сақлаш.

Андре Мишель Львов

I. Һазирқи заман физикиси

Бүгүнки заманда физикиниң алидиған орни муһимдур. У бизни әтрап муһит тоғрилиқ әң муһим билим мәнбәси болуп һесаплиниду. Тәбиәт һадисилирини тәтқиқ қилиш физика қанунлириниң ечилишиға, техиникиниң вә тәбиәтни тәтқиқ қилидиған башқиму иламларниң тәрәққий етишигә елип кәлди. Физикиниң вә башқиму илимларниң арлишишиниң нәтижисидә, тәтқиқниң йеңи йөнилиши: химиялик физика, геофизика, агрофизика, психофизика, биофизика пәйда болди *(1-сүрәт)*.



1-сүрәт. *Жүрәкниң электркардиограммиси*

Илим ишләпчиқириш күчигә айланди. Канлик Алтайда бүгүнки күндә қазақстанлиқ «КАЗЦИНК» компанияси иш елип бармақта.Аэрофизикилик тәтқиқләр үчүн, қайтидин жабдуқланғандин кейин, учидиған лабораториягә айланған, бәш орунлуқ AS-350B йеник вертолет қоллинилиду. *(2-сүрәт)*.

Физикиниң тәрәққий етиши, бизниң әтрап муһити тоғрилиқ чүшинигимизни өзгәртипла қоймастин, заманивий технологияләрни қоллиниш арқилиқ җәмийәткә алдинқи қатарлиқ өзгиришләрни елип кәлди. Заманивий бағлиниш әсваплириниң ярдимидә, Йәр йүзидики барлиқ инсанийәт әхбаратлиқ муһитта һаят кәчүрмәктә, йеңи технологияләр билән алмишиш илдам әмәлгә ашмақта. Әхбарат асасий байлиққа айланмақта *(3-сүрәт)*. Илимниң қолға кәлтүргән утуқлири әтрап муһит билән һайвантлар дуниясиға кәлтүргән пайдисидин башқа, зийинини тәккүзүши мүмкин. Адәм балисиниң ойланмастин қилған

иш-һәрикәтлири тәбиәткә орни толмас зәрдаплар әкелиши мүмкин. Ядролуқ энергияни пайдилиниш, чиримайдиған мәһсулатларни ишләпчиқириш, экологиялик мәсилиләргә елип келидиған инсанийәтниң һаят кәчүрүшиниң бир көрүнүши. Инсанийәтниң келәчиги илимий мәсилиләрни бирлишип йешишкә бағлиқ. Йәрлик дәрижидә мәсилини йешиш үчүн бизниң Йәр анчә йоған әмәс болуп чиқти. Адәм балисиниң аң-сәвийәсиму өзгириши керәк: – адәм «тәбиәт падишаси» әмәс, у тәбиәтниң бир бөлиги.

3-сүрәт. *Биртуташ әхбаратлиқ көрүниш*

II. Физика – әтрап муһит тоғрилиқ билим мәнбәси

Физиклар тәбиәт һадисилирини тәтқиқ қилиш мабайнида XVIII–XIX әсирләрдә дунияниң механикилиқ мәнзирисини, XIX ә. иккинчи йерими – XX ә. бешида электромагнитлиқ мәнзирисини қелиплаштурди. Эйнштейнниң селиштурмилиқ нәзәрийәси механика билән электродинамикиниң қанунлири арисидики қариму-қаршилиқларни йоқатти. Бу классикилиқ физикиниң қелиплишишиниң ахирқи қәдими болди. Мошу вақитта пәйда болған квантлиқ нәзәрийә, әксинчә материяни тәтқиқ қилишниң йеңи дәвриниң башлинишиниң асасини селип, һазирқи заман физикиниң риважлинишиниң башланмиси болди. XX әсирниң оттурисидин башлап, дунияниң һазирқи замандики физикилиқ мәнзириси қелиплашти.

Җавави қандақ?

1. *Немә сәвәптин дунияниң механикилиқ мәнзириси электромагнитлиқ мәнзиридин илгири шәкилләнгән?*
2. *Дунияниң механикилиқ мәнзирисини қандақ тәссәввур қилалайсиләр? Электромагнитлиқ мәнзирисини?*
3. *Дунияниң һазирқи замандики көрүнүши келәчәктә тәтқиқ қилишни һаҗәт қилиду?*

III. Физика вә илимий-прогресс (ИТП)

Физикниң тәрәққий етиши вә илмий-техникилиқ прогресс өз ара бағлиқ. Физикиниң утуқлири техникиниң тәрәққиятиниң асаси, техникиниң йеңи пәллиләргә көтирилиши йеңи тәтқиқләрни жүргүзүшкә йол ачмақта. Мәсилән, ядролуқ реакторларда яки зарядләнгән зәрриләрни иштиклəткүштә әмәлгә ашурилидиған тәтқиқ ишлирини атап өтүшкә болиду. Техникилиқ җабдуқлиниш мукәммәллинип, йеңи технологияләр ясалмақта.

2-тапшурма

1. 1-җәдвәлни өзәңлар билидиған физика бөлүмлиригә мисаллар билән уларға бағлинишлиқ техника бөлүмлири, йәни техникилиқ әсваплар билән толтуруңлар.
2. Кәлтүрүлгән мисаллар асасида һазирқи заман физикиси билән техникиниң әһмийити тоғрилиқ пикирлириңларни ейтиңлар.

ИТП җәмийәт һаятиниң һәрхил саһалирида вә илимда пайдилинидиған йеңи типтики техникини: электронлуқ һесаплаш машинилири, автоматлиқ башқуруш системилирини қоллиниш мәсилисини алдинқи қатарға қойди. Мошу әһмийәтлик саһалардики муваппәқийәтлири униң күндилик һаятта қоллиниш нәтҗисигә бағлиқ болди. Һазирқи җәмийәттә техника вә техникилиқ билимниң алидиған орни зор.

Җавави қандақ?

Немә сәвәптин илимий-техникилиқ прогрессни тохтитиш мумкин әмәс?

1-жәдвәл. *Физикиниң техника билән бағлинишиЕ*

Физика бөлүми	Техника бөлүми.Техникилиқ қурулуми
Динамика	Космонавтика. Йәрниң сүнъий һәмралири, орбиталлиқ станцияләр, космос корабльлири
Аэродинамика	Авиация. Аэроплан, самолет, ракета.
Иссиқлиқ һадисиләр	Иссиқлиқ техникиси. Иссиқлиқ двигательлар
Электромагнитизм	Электротехника. Телеграф, электрлиқ йоруқландурғучилар, электродвигательлар, электр генератори, телефон, метрополитен тармақлири, зарядләнгән зәрриләрни иштикләткүч. Микроэлектроника. Радиоалақә, радио башқуруш, радиолокация, теледидар, ЭҺМ, ишләпчиқириш роботлири. Лазерлиқ техника.
Оптика	Оптикилиқ әсваплар. Фотоаппарат, телескоп, микроскоп.
Ядролуқ физика	Ядролуқ энергетика. Ядролуқ реактор, АЭС.

Нәзәр селиңлар!

XX ә. – илимий-техникилиқ прогресс әсири, XXI ә. – әхбарат әсири.

3-тапшурма

1. Һазирқи тәрәққият заманида инсанийәт алдида йешилишни күтүп турған дунияви мәсилиләргә мисал кәлтүрүңлар.
2. Мошу мәсилиләрниң пәйда болуш сәвәплирини чүшәндүрүңлар.
3. Аталған мәсилиләрниң йешилиш усуллирини тәклип қилиңлар.

Жавави қандақ?

1. *«Адәм – тәбиәт падишаси» дегән чүшәнчә немишкә әтрап муһитқа зиян кәлтүриду?*
2. *Адәм немишкә тәбиәтниң бир бөлиги болуши керәк? У өзиниң иш-һәрикитидә немини өзгәртиши һаҗәт?*
3. *Немишкә биз тәбиәт һадисилирини тәкшүрүш җәриянида аддий чүшәнчиләрни (материялиқ чекит, әркин чүшүш) пайдилинимиз вә бирнәччә шәртләрни киргүзимиз (сүркилиш күчи, һаваниң қаршилиқ күчиниң йоқ болуши)?*
4. *Немишкә һәрбир әдәм үчүн физика қанунлирини билиш зөрүр?*

IV. Физика инсан мәдәнийити

XXI ә. инсанийәт һәммә әлләр вә хәлиқләр үчүн әһмийити зор аләмшумул мәсилиләргә дуч кәлди. Улар, дуния муһитини билән Йәр атмосферисиниң паскинлишиши, азонлуқ төшүкләрниң пәйда болуши, күн шолилириниң Йәр биосфериға тәсириниң күчийиши. Заманивий физика аләмшумул ойлашни шәкилләндүриду. Мүҗәз-хулқиға, ойлаш стилиға тәсир қилиш арқилиқ, физикиниң адәмниң көзқаришиға, һаят давамида дунияни тонуп билиш керәк дегән ойни қелиплаштуришиға өз һәссисини қошиду. Бурунқи илим, һазирқи заманивий мәсилиләрни йешәлмәйду. Физика илими башқа илимлардин пәрқи фундаменталлиқ қанунларниң «тирәк чекитлириниң» болушида. Мәсилән, бизниң дунияда һәммә нәрсә өзгәрсиму, энергияниң сақлиниш қануни орунлиниду. Һазирқи заман физикисидики йеңилиқлар униң фундаментал қанунлириға асаслиниду.

Бизниң билимимиз толуқланғансири, пәйдин-пәй бирқатар физикилиқ чүшәнчиләр арисидики пәриқ йоқашқа башлайду. Шундақ қилип, корпускулярлиқ вә долқунлуқ һәрикәт, мадда билән мәйданни айрим қараштуруш йоқалмақта. Элементар зәрриләр үчүн тәбиий җәриянлар өз ара түрлиниш болуп һесаплиниду. Тәбиәттики

һәммә айрим бөлүнүшлүк, шәртлик түрдә нисбий, һәрикәтчан, улар бизниң аң-сәвийәмизниң дунияни тонуп билиштики мүмкинчиликлирини тәсвирләйду. Тәбиәт һадисилирини тәтқиқ қилиш арқилик,биз тәбиәт һадисилириниң аддий үлгисини ясаймиз. Тонуп-билиш җәрияни – абсолют һәқиқәткә аста-аста йеқинлишиш җәрияни.

Бу, бәлгүлүк нәрсиләргә йеңи фактларни механикилиқ түрдә қошуш әмәс, йеңиниң конини йоққа чиқирип, бурун жиғилған барлиқ ишәшлик вә асасий билимни системилиқ түрдә умумийлаштуруш җәрияни. Бизниң аләм тоғрилиқ чүшәнчимиз үзлүксиз чоңқурлишиду вә кәңәйтилиду,материялиқ аләмни тонуп билиш җәрияни чәксиз.

Һәрбир мәдәнийәтлик шәхс өзи һаят кәчүрватқан аләм қандақ түзүлгинини көз алдиға кәлтүрәлиши керәк. Тәбиәтниң бизни билимсизлигимиз үчүн зәрдап чәккүзгәнлигигә мисаллар көп, шулардин йәкүн чиқириш вақти йәтти.

Тәбиәт қанунлирини билиш инсанға мурәккәп мәсилиләрниң әң үнүмлүк йешимини тепишқа мүмкинчилик яритиду. Билимниң һаҗәтлигиниң мәнаси мошуниңда.

Тәкшүрүш соаллири

1. Һазирқи замандики физикиниң роли қандақ?
2. Физикида аләмниң қандақ көрүнүшлири шәкилләнгән?
3. Заманивий физика билән классикилиқ физикиниң пәрқи немидә?
4. Физика техникиға қандақ тәсир қилиду?
5. Тонуп билиш җәриянининң мәзмуни немидә?

Көнүкмә 1

1. Иш ишләшниң тәртиви, радиоактивлиқ, электромагнитлиқ долқунларниң, ультратавушларниң, реактивлиқ һәрикәтләрниң ечилишиға асасланған техникилиқ түзүлмиләргә мисаллар кәлтүрүңлар.
2. Астрофизиклар жирақтики сәйяриләрниң тәркивини қандақ усул билән ениқлиғинини чүшәндүрүп бериңлар.
3. Йеңилиқ ечилиши билән уни қоллиниш арисидики охшашлиқни көрситиңлар:

Ечилишлар	Қоллинилиши
Спектроскопия	Автоматлаштурулған башқуруш системиси
Ультратавуш	ДНКтәркивиниң мәнасини ечиш
Йоруқлиниш вақтидики йерим өткүзгүчләрниң өткүзгүчлигиниң өсүши	Су асти объектлирини назарәт қилиш

Иҗадий тапшурма

Алимлар тоғрилиқ әхбарат тәйярлаңлар (ихтияриңларчә): Леонардо да Винчи, М.В. Ломоносов, Ж.Л. Бюффон, В. И. Вернадский.

§ 2. Физикилиқ миқдарларниң хаталиқлири. Өлчәш нәтижилирини тәһлил қилиш

Күтүлидиған нәтижә

Параграфни өзләштүргәндә:
- *системилиқ вә тәсадипий хаталарни пәриқ қилалайсиләр;*
- *бағлинишлиқ, бағлинишлиқ әмәс вә турақлиқ миқдарларни ениқлалайсиләр;*
- *физикиклиқ миқдарларни өлчәш дәллигигә масләштуруп, тәҗрибилик тәкшүрүшлириниң ахирқи мәлуматлирини елишни үгинисиләр.*

I. Өлчәш түрлири. Өлчәш хаталиқлириниң сәвәплири

Физикилиқ миқдарларни өлчәш түрлирини тоғра вә яндашма дәп бөлиду. Тоғра өлчәш вақтида, миқдарларниң санлиқ мәнаси санлиқ өлчәш әсвавиниң шкалисидин мәлуматлар елинған вақитта ениқлиниду. Әгәр ениқлиниватқан миқдар тоғра өлчәш арқилиқ ениқланған миқдар билән бағлиниш формулиси арқилиқ һесаплинидиған болса, у чағда өлчиниш яндашма дәп атилиду. Һәрқандақ өлчәш нәтиҗилири йеқинлашқан мәнада болиду. Өлчәш дәллиги хаталиқлар билән характерлиниду.

Өлчәш хаталиғи – миқдарниң мәнасиниң униң һәқиқий мәнасидин чәтниши.

Өлчәш хаталиғиниң сәвәплири: өлчәш әсвавиниң дәллигиниң чәкликлиги; өлчәш әсвавини қолинишниң нормилиқ шәртидин чәтниши; тәҗрибә ясиғучиниң һәрикити, өлчинидиған миқдарларни тепиш үчүн қоллинидиған қанунларниң еһтималлиқ мәнаси; тәҗрибә өткүзүш усулиниң йетилмигәнлиги.

Аталған сәвәпләр тәсадипий яки системилиқ хаталарға елип келиду.

1-тапшурма

1. *Физикиклиқ миқдарларни беваситә вә васитлиқ өлчәш усуллириға мисаллар кәлтүрүңлар.*
2. *Кәлтүрүлгән мисаллардики өлчәш хаталириниң асасий сәвәплирини көрситиңлар.*
3. *Тәсадипий хаталирниң сәвәвини атаңлар.*

II. Тәсадипий вә системилиқ хаталиқлар.

Тәсадипий хаталиқ – бәрилгән шәртләрни өзгәртмәй бир миқдарни бирнәччә рәт тәкрарлап өлчәш нәтиҗилиридә тәсадипий түрдә өзгиридиған хаталиқ.

У өлчәш җәрияниға тәсир қилидиған көплигән башқурулмайдиған сәвәпләрдин, мәсилән шамалниң сәлкинидин, күчинишниң өзгиришидин пәйда болду. Тәсадипий хаталиқниң тәсири тәҗрибини бирнәччә рәт қайтилаш арқилиқ азайтиш мүмкин.

Әстә сақлаңлар!

Әгәр өлчәш җәриянида нисбий хаталиқ 10% ашса, у чағда өлчинидиған миқдарларға баһалаш жүргүзүлиду дәп ейтилиду? Физикилиқ практикум лаборатория ишлирида нисбий хаталиқ 10% -ғичә өлчәмләрни жүргүзүшни тәклип қилиду.

Системилиқ хаталиқ – бир миқдарни бирнәччә рәт тәкрарлап өлчәш вақтида турақлиқ болуп қалидиған яки вақитниң өтүши билән қанунний түрдә өзгиридиған хаталиқ.

Системилиқ хаталиқ тәкрарлап өлчәш арқилиқ түзәлмәйду. Уни түзитиш яки тәҗрибиниң өткүзүлүшини өзгәртиш арқилиқ йоқ қилиду.

III. Миқдарни бирнәччә рәт тоғра өлчәш вақтидики абсолют вә нисбий хаталиқ

Абсолют хаталиқни ениқлаш үчүн A физикилиқ миқдарини өлчәш шәртлирини өзгәртмәй бирнәччә рәт тәкрарлап өлчәйду. Бу шараитта өлчиниватқан миқдарниң $A_{йеқин.}$ йеқинлашқан мәнасиниң һәммә өлчәм нәтиҗилириниң арифметикилиқ оттура мәнаси ретидә ениқлиниду:

$$A_{йеқин.} = \frac{A_1 + A_2 + \ldots + A_n}{n}.$$

Һәрбир ΔA_n өлчәш вақтида тәсадипий хаталиқни төвәндики формула арқилиқ ениқлаймиз:

$$\Delta A_n = |A_{йеқин.} - A_n|,$$

буниңда n – өлчәшниң рәтлик номери.

Абсолют хаталиқни барлиқ өлчәшләр нәтиҗилириниң тәсадипий хаталиқлириниң арифметикилиқ оттура мәнаси ретидә ениқлиниду:

$$\Delta A = \frac{\Delta A_1 + \Delta A_2 + \ldots + \Delta A_n}{n}.$$

Өлчәшниң абсолют хаталиғиниң модули, өлчиниватқан миқдарниң һәқиқәт мәнаси орунлашқан интервални көрситәләйду. Бу интервалниң узунлуғи $2\Delta A$. Бу интервалға киридиған барлиқ мәналар һәқиқий болуп санилиду. Нисбий хаталиқ өлчәш сапасини характерләйду. У төвәндики формула бойичә ениқлиниду:

$$\varepsilon = \frac{\Delta A}{A_{йеқин.}} \cdot 100\%.$$

IV. Биринчи рәтлик тоғра өлчәшләр вә уларниң хаталиқлири

Көплигән өлчәш әсваплири үчүн әсваплиқ хаталиқ әсвапниң шкалисида яки паспортида көрситилгән дәллик класси билән берилиду. γ дәллик классини билсәк, әсвапниң абсолютлуқ хаталиғини ениқлашқа болиду:

$$\Delta_и = \frac{Өлчәш\ чеки \cdot \gamma}{100}.$$

Әгәр нәтиҗә шкалиниң сизиқчиси билән мас кәлсә, өлчәшниң абсолют хаталиғи әсвапниң хаталиғидин ашмайду:

2-тапшурма

100 *м* жүгрәш бойичә мәшиқлиниш вақтида йеник атлет төвәндики нәтиҗиләрни көрсәтти: 11,5 *сек;* 11,7 *сек;* 12,0 *сек;* 11,8 *сек;* 11,2 вақитниң йеқинлашқан мәнасини, абсолют хаталиғини вә жираққа жүгрәш вақти мәнасиниң һәқиқий интервалин ениқлаңлар.

Әстә сақлаңлар!

Санақниң абсолют хаталиғи $\Delta_{сан.}$ әсвап шкалисиниң бөләк қиммитиниң йеримиға тәң:

$$\Delta_{сан.} = \frac{c}{2},$$

c – әсвапниң бөләк қиммити.

3-тапшурма

4-сүрәттә көрситилгән вольтметрниң әсваплиқ хатасини ениқлаңлар.

4-сүрәт. *2-дәлликә ятидиған вольтметр шкалиси*

$$\Delta = \Delta_{\text{әс.}}$$

Әгәр нәтиҗә шкалиниң сизиқчиси билән мас кәлмисә, абсолют хаталиқ санаш хаталиғиниң мәнасидин ашиду:

$$\Delta = \Delta_{\text{әс.}} + \Delta_{\text{сан.}}$$

V. Яндашма өлчәшләр вә уларниң хаталиқлири

Яндашма өлчәш вақтида, өлчәш нәтиҗилириниң ениқлиғини баһалашни, төвәндики рәт билән орунлаш керәк:

1. Берилгән миқдарни һесаплаш формулисиға киридиған миқдарларға тоғра өлчәшләр жүргүзүш.
2. Мошу өлчәш нәтиҗилириниң абсолют вә нисбий хаталиқлирини һесаплаш.
3. Һесаплаш формулиси арқилиқ һесаплинидиған $A_{\text{йеқин.}}$ миқдарни һесаплаш.
4. Формулиниң түри бойичә яндашма өлчәш нәтиҗисиниң нисбий хаталиғини ε ениқлаш *(2-җәдвәл)*.
5. Формула бойичә хаталиқни ениқлаш: $\Delta A = A_{\text{йеқин.}} \cdot \varepsilon$
6. Издиливатқан миқдарниң еник мәнасиниң интервалини:

$$A_{\text{йеқин.}} - \Delta A \le A \le A_{\text{йеқин.}} + \Delta A$$

***2-җәдвәл.** Абсолют вә нисбий хаталиқлар формулилириниң издиливатқан миқдарниң формулиси билән мас келиши*

Функция түри	Абсолют хаталиқ	Нисбий хаталиқ
$f = x + y$	$\Delta f = \Delta x + \Delta y$	$\varepsilon_f = \frac{\Delta x + \Delta y}{x + y}$
$f = x - y$	$\Delta f = \Delta x + \Delta y$	$\varepsilon_f = \frac{\Delta x + \Delta y}{x - y}$
$f = x \cdot y$	$\Delta f = x\Delta y + y\Delta x$	$\varepsilon_f = \varepsilon_x + \varepsilon_y$
$f = \frac{x}{y}$	$\Delta f = \frac{x\Delta y + y\Delta x}{y^2}$	$\varepsilon_f = \varepsilon_x + \varepsilon_y$
$f = x^n$	$\Delta f = n \cdot x^{x-1} \cdot \Delta x$	$\varepsilon_f = n \cdot \varepsilon_x$
$f = \sqrt[n]{x}$	$\Delta f = \frac{\Delta x}{n \cdot \sqrt[n]{x^{n-1}}}$	$\varepsilon_f = \frac{1}{n} \cdot \varepsilon_x$

Әгәр $f = x \pm y$, у чағда бирдин абсолют хаталиқ һесаплиниду.

VI. Җәдвәллик миқдарларни ениқлаш җәриянидики өлчәш хаталиқлирини баһалаш.

Җәдвәллик яки турақлиқ физикилиқ миқдарларни өлчәш җәриянида хаталиқни баһалаш елинған нәтиҗини бәлгүлүк (җәдвәллик) мәнаси билән селиштуруш нәтиҗисидә өткүзиду: $\Delta A = [A_{\text{йеқин.}} - A_{\text{җәдв.}}]$

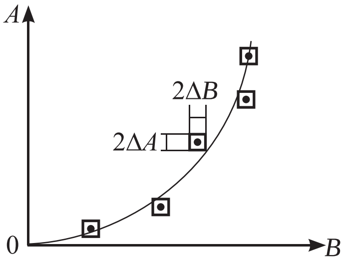
Нисбий хаталиқ төвәндики нисбийлик билән ениқлиниду:

$$\varepsilon_A = \frac{|A_{\text{йеқин.}} - A_{\text{җәдв.}}|}{A_{\text{җәдв.}}} \cdot 100\%$$

У өлчәш сапасиниң қиммити болуп һесаплиниду.

VII. Миқдарларни бирләштүрүп өлчәш вақтида тәҗрибиләр нәтиҗилирини графикилиқ түрдә тәсвирләш

Миқдарлар арисида функционаллиқ бағлинишниң түри орунланған вақитта тәҗрибә нәтиҗилири графикилиқ түрдә тәсвирлиниду. A вә B миқдарлирини өлчәш нәтиҗисидә чекит елинмайду, $2\Delta A$ вә $2\Delta B$ тәрәплири бар мәйдан елиниду (буниңда ΔA, ΔB өлчинидиған миқдарларниң абсолют хаталиғи). Мәйданниң һәрбир чекити еник болғанлиқтин, улар арқилиқ график сизиқлирини миқдарларниң функционаллиқ бағлинишиға мас келидиғандәк жүргүзүш керәк *(5-сүрәт)*.



5-сүрәт. *A вә B чекитлириниң еник интерваллири көрситилгән A чекитиниң B чекитигә бағлинишлиқ графиги*

VIII. Өлчәш нәтиҗилирини хаталиқларни инавәткә елиш арилиқ йезиш

Өлчәш нәтиҗилирини хаталиқларни инавәткә елиш арилиқ йезиш, төвәндики қаидиләр бойичә орунлиниду:

Хаталиқ жуқуриға қарап бир мәнағиичә пүтүнлинип, өлчәш нәтиҗиси болса йезилған хаталиқтин ашмайдиған бөлгүгичә йеқинлаштурулиду.

Мәсилән, һесаплаш нәтиҗисидә абсолют хаталиқ ΔA = 0,0769 тәң болса, у чағда бу санни пүтүнләймиз ΔA = 0,08. Миқдарниң йеқин мәнасини $A_{йеқин.}$ = 0,928514 абсолют хаталиқниң дәллигини хаталиқниң дәллигидин ашмайдиғандәк дәллик билән йезиш керәк. Қалған кәйнидики рәқәмләр, елинип кетиду $A_{йеқин.} \approx 0,92$. Миқдарниң һәқиқий мәнаси киридиған интервал төвәндикичә йезилиду:

$$\varepsilon = \frac{0,08}{0,92} \cdot 100\% \approx 9\%$$ болғанда $A = 0,92 \pm 0,08$.

6-сүрәт. *Дәллик синипи 2,5 болидиған лабораториялик вольтметр*

4-тапшурма

2,5 дәллик классқа ятидиған *(6-сүрәт)* вә өлчәш чеки 15 *В* болидиған вольтметрниң көрсәткүчиси 3 *В* болған вақиттики күчинишниң өлчәш нәтиҗилирини йезиңлар.

Тәкшүрүш соаллири

1. Тоғра вә яндашма өлчәшниң айримчилиғи?
2. Өлчәш хаталиғиниң қандақ асасий сәвәплирини билисиләр?
3. Тәсадипий вә системилиқ хаталиқ дәп қандақ хаталиқларни ейтиду?
4. Системилиқ хаталиқларни қандақ усул билән түзәшкә болиду?
5. Өлчәшниң тәсадипий хаталиқлирини азайтиш йоллири?
6. Бирнәччә тоғра өлчәш җәриянида абсолют вә нисбий хаталиқларни қандақ ениқлайду?
7. Әсваплиқ хаталиқ немигә тәң?
8. Яндашма өлчәш вақтида хаталиқ қандақ ениқлиниду?
9. Хаталиқларни инавәткә елип, өлчәш нәтиҗилири қандақ йезилиду?

Көнүкмә 2

1. Тизминиң бөлигидики күчинишни икки рәт ениқлиди, дәсләптә вольтметр қошуп *(4-сүрәт)*, кейинки мәртә иккинчи вольтметрни қошуп *(6-сүрәт)*. Вольтметр һәр икки мәртә 2,8 *В* мәнасини көрсәтти. Икки өлчәш үчүн күчинишниң һәқиқий мәналар интервалини енқлаңлар. Қайси шараитта өлчәш нәтиҗиси ениғарақ?
2. Тизминиң бөлигидики қаришилиқни амперметр билән вольтметрни пайдилинип яндашма өлчәш арқилиқ ениқлиди. Вольтметрниң дәллик класси 4, амперметрниң 2,5. Әгәр әсвапларниң көрсәткүчи 4,2 *В,* 0,3 *А* болса, тизма участкисидики қаршилиқниң һәқиқий мәналар диапазонини көрситиңлар. Әсвап арқилиқ өлчинидиған күчиниш билән ток күчиниң максимал манаси 6 *В* вә 2 *А*.

Экспериментлиқ тапшурма

Бөлминиң температурисини тоғра, яңиюниң зичлиғини яндашма өлчәш арқилиқ ениқлаңлар. Қоллинилидиған әсваплар: термометр, тараза, мензурка. Нәтиҗисини хаталиқларни етиварға елип йезиңлар

Иҗадий тапшурма

Мавзулар бойичә әхбарат тәйярлаңлар (ихтияриңларчә):

1. Метрология, стандартлар вә сертификатлаш.
2. Қазақстан Республикасиниң Метрологиялиқ хизмити.

§ 3. Бирхил иштиклимә һәрикәтлинидиған жисим кинематикисиниң асасий чүшәнчилири билән тәңлимилири

Күтүлидиған нәтижә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *жисимниң бирхил иштиклимә һәрикити вақтидики илдамлиқниң вақитқа бағлиқ графигини пайдилинип, орун йөткәш формулисини йәкүнләп чиқиралайсиләр;*
- *санлиқ вә графикилиқ тапшурмиларни йешиштә кинематикилиқ тәңлимиләрни пайдилинишни үгинисиләр.*

Жавави қандақ?

Жисим һәрикитини тәкшүргәндә немишкә кинематикида орун йөткәш илдамлиғи билән биллә йол илдамлиғи пайдилинилиду?

I. Кинематикиниң асасий мәхсити

Кинематикида жисимларниң һәрикитини характерләш үчүн иштикләш, йөткилиш илдамлиғи, йол илдамлиғи, йөткилиш, маңған йоли, жисим координатиси, вақит охшаш миқдарлар билән санақ системиси, санақ жисими, координата системиси, траектория, нисбий һәрикәт, механикилиқ һәрикәт охшаш физикилиқ чүшәнчиләрни қоллинилиду. Жисимлар һәркитиниң бир бирсидин пәрки: траекторияси түз сизиқлиқ вә әгир сизиқлиқ болуши мүмкин, бир жисимниң һәрикәт илдамлиғи турақлиқ, бирмунчилириниң өзгәрмә болуши мүмкин.

Кинематикиниң асасий мәхсити – материялиқ чекитләрниң яки жисимларниң һәрикәт түрлирини вә шундақла мошу һәрикәтләрниң кинематикилиқ характеристикисини ениқлаш.

II. Һесапларни чиқиришниң координатилиқ усули

Кинематики һесаплирини координатилиқ усул билән йешиш векторларға әмәлләрни қоллиништин скаляр миқдарларға әмәлләр қоллинишқа өтиду. 9-синипниң физика курсидин векторлуқ миқдарлар билән уларниң проекция нисбәтлириниң бир-биридин пәрқи болмайдиғанлиғи бәлгүлүк. Мәсилән, векторлуқ түрдики иштикләшни һесаплаш формулисини $\vec{a} = \dfrac{\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0}{\Delta t}$ векторларниң проекциялири билән ипадиләшкә болиду $a_x = \dfrac{\upsilon_x - \upsilon_{0x}}{\Delta t}$, бу һаләттә тәңлимә өзгәрмәйду.

Векторниң проекцияси скаляр миқдар болғанлиқтин, уларға әмәлләрни қоллиниш аддий санларға охшаш жүргүзүлиду.

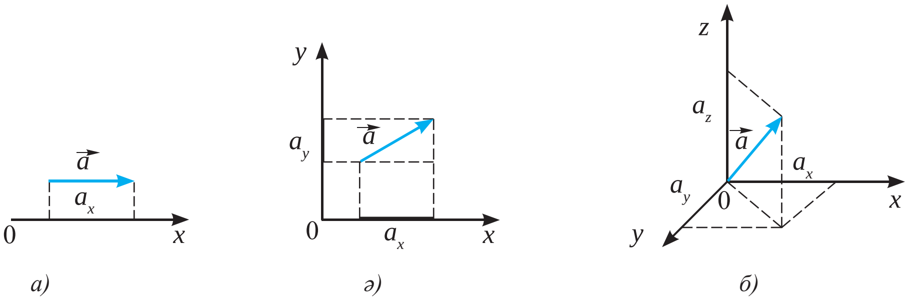
Һесапларни координатилиқ усул билән чиқарғанда қәдәмләрниң нөвити: координата оқини таллаш, берилгән векторларниң проекциялирини тепиш; уларға әмәлләрни қоллиниш,бәлгүсиз векторлуқ миқдарниң берилгән координата оқиға чүширилгән проекциясини ениқлаш.

Чүширилгән проекцияниң мәнаси бәлгүлүк болса, униң модулини ениқлашқа болиду. Мәсилән, иштикләш вектори $0x$ оқиға параллель болғанда, униң модули оққа чүширилгән проекциясиға тәң *(7, а-сүрәт)*: $a = a_x$.

Қараштурлуватқан $0x$ вә $0y$ оқлириға нисбәтән проекциялири бар болса *(7, ә-сүрәт)*, у чағда униң модули Пифагор теоремиси билән һесаплиниду:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

Жисим һәркитини характерләш үчүн үч координатилар оқи пайдиланғанда, (7, *б-сүрәт)* иштикләш модули: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.



7-сүрәт. *Таллап елинған координата оқлириға чүширилгән векторларниң проекциялири*

III. Түз сизиқлиқ бирхил өзгәрмә һәрикәт үчүн кинематикиниң формулилири

3-жәдвәлдә жисимниң түз сизиқлиқ бирхил өзгәрмә һәрикәтни характерләйдиған миқдарларни һесаплаш формулиси берилгән: a_x иштикләш, υ_x йөткилиш илдамлиғи, s_x йөткилиш вә x жисим координатиси. Жисимларниң әркин чүшүши түз сизиқлиқ бирхил өзгәрмә һәрикәтниң айрим бир көрүнүшидур, бу чағда жисимниң һәрикитиниң иштикләш формулиси $g = 9,8\frac{м}{сек^2}$.

3-жәдвәл. *Кинематика формулилири*

Физикилиқ миқдарлар	Һәрикәт түри	
	Түз сизиқлиқ бирхил өзгәрмә һәрикәт	Әркин чүшүш
Иштикләш	$a_x = \frac{\upsilon_x - \upsilon_{ox}}{\Delta t}$	$g = 9,8\frac{м}{c^2}$
Оттура илдамлиқ	$\upsilon_{om.x} = \frac{\upsilon_0 + \upsilon_x}{2}$	$\upsilon_{om.y} = \frac{\upsilon_0 + \upsilon_y}{2}$
Пәйтлик илдамлиқ	$\upsilon_x = \upsilon_{ox} + a_x t$	$\upsilon_y = \upsilon_{oy} + g_y t$
Йөткилиш	$s_x = \upsilon_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ $s_x = \frac{\upsilon_x^2 - \upsilon_{0x}^2}{2a_x}$; $s_x = \frac{\upsilon_0 + \upsilon}{2} t$	$h_y = \upsilon_{oy} t + \frac{g_y t^2}{2}$ $h_y = \frac{\upsilon_y^2 - \upsilon_{0y}^2}{2g_y}$; $h_y = \frac{\upsilon_0 + \upsilon}{2} t$
Жисим координатиси	$x(t) = x_0 + \upsilon_{ox} t + \frac{a_x t^2}{2}$	$y(t) = y_0 + \upsilon_{oy} t + \frac{g_y t^2}{2}$

Жисим координатилириниң вақитқа бағлинишлиқ тәңлимисини һәрикәт тәңлимиси дәп атайду.

$a = 0$ екәнлигини инавәткә елип, түз сизиқлиқ бирхил һәрикәт формулилирини бирхил өзгәрмә һәрикәт формулилиридин елишқа болиду.

> **Җавави қандақ?**
> *Немә сәвәптин оттура илдамлиқ йолниң бөлгүлүк бир бөлигигә тәаллуқ?*

IV. Бирхил өзгәрмә һәрикәт вақтидики бирдәк вақит арилиғидики йөткилишләрниң нисбити

Җисимниң дәсләпки илдамлиғи $\upsilon_0 = 0$ болсун, җисимниң t вақитта йөткилишини $s_1 = \frac{at^2}{2}$ формула арқилиқениқлаймиз. $2t$ вақиттики йөткилиш $s_2 = \frac{a(2t)^2}{2} = 4\frac{at^2}{2}$ формула болиду. У чағда, иккинчи t вақит арилиғида җисим

$$s_{12} = s_2 - s_1 = 4\frac{at^2}{2} - \frac{at^2}{2} = 3\frac{at^2}{2}$$

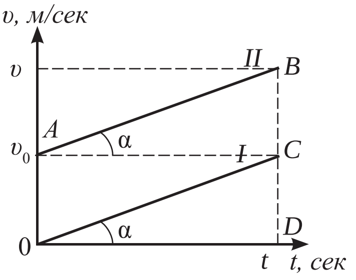
арилиққа орун йөткәйду.

Нәқ мошу усул билән үчинчи t вақит арилиғидики йөткилишни ениқлаймиз:

$$s_{23} = s_3 - s_2 = 9\frac{at^2}{2} - 4\frac{at^2}{2} = 5\frac{at^2}{2}$$

Елинған нәтиҗидин җисимниң бирлик вақит арилиғида бесип өткән йөткилиши тақ санлар охшаш нисбәттә болидиғанлиғи келип чиқиду:

$$s_1 : s_{12} : s_{23} \ldots = 1 : 3 : 5 \ldots$$



***8-сүрәт.** Бирхил өзгәрмә һәрикәт вақтидики илдамлиқниң вақитқа бағлиқ графиги*

> **Тапшурма**
>
> 8-сүрәттики графикларни пайдилинип:
> 1. α булуңиниң тангенси санлиқ мәнаси бойичә һәрикәттики I вә II җисимларниң иштиклишигә тәң екәнлигини;
> 2. *0CD* үчбулуңлуғиниң мәйдани санлиқ мәнаси бойичә биринчи җисимниң йөткилишигә $s_1 = \frac{at^2}{2}$ тәң екәнлигини;
> 3. *0ABD* трапецияси мәйдани иккинчи җисимниң йөткилишигә $s_2 = \upsilon_0 t + \frac{at^2}{2}$ тәң екәнлигини испатлаңлар.

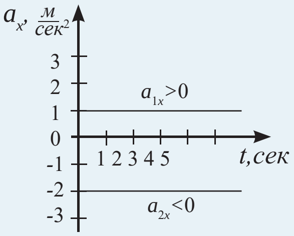
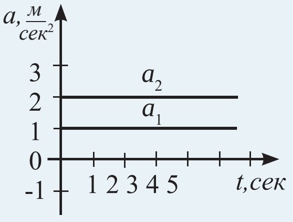
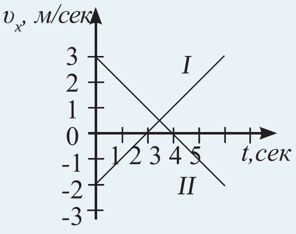
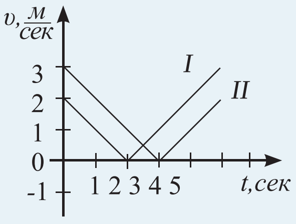
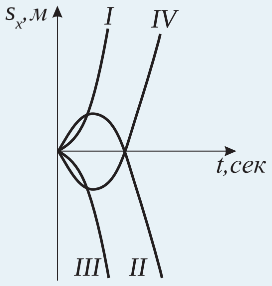
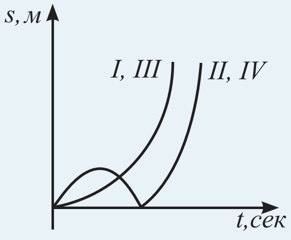
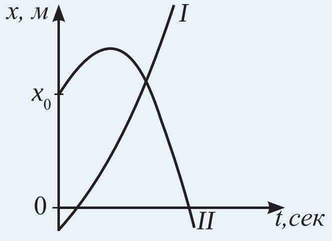
V. Җисимларниң түз сизиқлиқ бирхил өзгәрмә һәрикитини характерләйдиған миқдарларниң вақитқа бағлинишлиқ графиклири

Физикилиқ миқдарларниң бағлинишлиқ графиклирини селиш үчүн математикилиқ усуллар қолинилиду. Сизиқлиқ бағлиниш графигини селиш үчүн икки чекит йетәрлик. Миқдарларниң квадратлиқ бағлинишини характерләйдиған график – парабола, уни тепиш үчүн һесаплашлар жүргүзүлиду вә көплигән чекитләр бәлгүлиниши керәк *(4-җәдвәл).*

> **Җавави қандақ?**
> *Немишкә һәрикәттики җисимниң иштиклишини җисим илдамлиғиниң вақитқа бағлиқ графигиниң янтулуқ булуңиниң тангенси арқилиқ ениқлашқа болиду?*

Модульларнинң сәлбий мәнаси болмайду, шунинң үчүн миқдар модулининң вақитқа бағлинишлиқ графиги вақит оқининң үстигә орунлишиду. Илдамлиқнинң вақитқа бағлинишлиқ графиги астидики фигурининң мәйданининң санлиқ мәнаси жисимнинң йөткилишигә тәң екәнлигини испатлаш қийин әмәс.

4-җәдвәл. *Кинематикилиқ миқдарларнинң вақитқа бағлинишлиқ графиклири*

Физикилиқ миқдар	Вақитқа бағлинишлиқ тәңлимиси, бағлиниш түри	Миқдар проекциясининң вақитқа бағлинишлиқ графиги	Миқдар модулининң вақитқа бағлинишлиқ графиги
Иштикләш	$a_x = \text{const}$ Иштикләш вақитқа бағлинишлиқ әмәс		 $a_2 > a_1$
Пәйтлик илдамлиқ	$\upsilon = \upsilon_{0x} + a_x t$ Илдамлиқ вақитқа тоғра пропорционал бағлинишлиқ	 I: $a_x > 0$ II: $a_x < 0$	
Йөткилиш	$s_x = \upsilon_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ Йөткилишнинң вақитқа бағлинишлиқлиғи квадратлиқ функцияни бериду	 I: $\upsilon_{0x} > 0$, $a_x > 0$ II: $\upsilon_{0x} > 0$, $a_x < 0$ III: $\upsilon_{0x} < 0$, $a_x < 0$ IV: $\upsilon_{0x} < 0$, $a_x > 0$	
Координата	$x(t) = x_0 + \upsilon_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ Жисим координатиси – вақитнинң квадратлиқ функциясидур		I: $x_0 < 0$, $\upsilon_{0x} > 0$, $a_x > 0$ II: $x_0 > 0$, $\upsilon_{0x} > 0$, $a_x < 0$

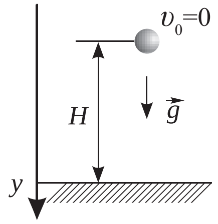
ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Чүшүш вақти 5 *сек* болғанда, җисимниң чүшүш егизлигини ениқлаңлар. Һәрбир секундта қанчилик арилиқни бесип өтиду?

Берилгини:
$t = 5$ *сек*
$g = 9{,}8$ *м/сек*^{2}
$\upsilon_0 = 0$

H –? h_1 –? h_2 –? h_3 –?
h_4 –? h_2 –?

Йешилиши:
Сүрәттә җисимни, әркин чүшүш иштиклишиниң векториниң йөнилишини $\vec{g}$, 0y оқида көрситимиз.
Җисимниң дәсләпки орнини нөллүк егизлик дәриҗиси билән мувапақлаштуримиз. Учуш егизлигини H һәрипи билән бәлгүләймиз.



Әркин чүшүш вақтида җисимниң координатиси $y = y_0 + \upsilon_{0y}t + \dfrac{g_y t^2}{2}$ (1) қануни бойичә өзгириду. (1) формулиниң 0y оқиға проекцияси: $H = \dfrac{gt^2}{2}$ болиду.

$$H = \frac{9{,}8\,м/сек^2 \cdot 25\,сек^2}{2} \approx 125\,м$$

Дәсләпки секундта җисим $h_1 = \dfrac{gt^2}{2}$ арилиққа йөткилиду.

$$h_1 = \frac{9{,}8\,м/сек^2 \cdot 1\,сек^2}{2} \approx 5\,м.$$

Кейинки һәрбир секундта йөткилиш нисбити тақ санлар қатариниң нисбити билән ениқлиниду:

$$h_1 : h_2 : h_3 : h_4 : h_5 = 1 : 3 : 5 : 7 : 9 \; (2)$$

У чағда: $\dfrac{h_1}{h_2} = \dfrac{1}{3}$ яки $h_2 = 3h_1$, Шуниң билән: $h_2 = 15$ *м.*

Шуниң билән қатар $h_3 = 25$ *м,* $h_4 = 35$ *м,* $h_5 = 45$ *м* екәнлигини тапимиз.

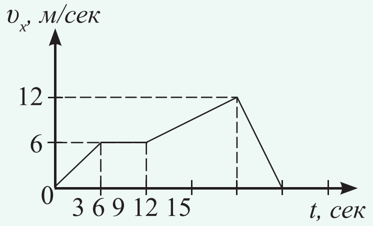
Җавави: 125 *м,* 5 *м,* 15 *м,* 25 *м,* 35 *м,* 45 *м.*

Тәкшүрүш соаллири

1. Кинематикиниң асасий тәңлимисиниң мәнаси қандақ?
2. Җисимниң һәрикитини характерләйдиған миқдарларни атаңлар, уларға ениқлима бериңлар.
3. Җисимниң бирдәк вақит арилиғида йөткилиши үчүн қандақ нисбәт орунлиниду?

Көнүкмә 3

1. Бирхил иштиклимә һәрикәтләнгән жисим дәсләпки $t_1 = 4$ *сек* вақитта $s_1 = 2$ *м* йол маңди, кейинки $s_2 = 4$ *м* болған арилиқни $t_2 = 5$ *сек* ичидә бесип өтти. Жисимниң иштиклишини ениқлаңлар.
2. Таш йәргә 10 *м* егизликтин ғулайду. Униң билән бир вақитта 8 *м* егизликтин, тик жуқури қарап йәнә бир таш ташлиниду. Әгәр ташлар Йәрдин 5 *м* егизликтә учрашса, иккинчи таш қандақ дәсләпки илдамлиқ билән ташланған. Һава қаршилиғини һесапқа алмаймиз, әркин чүшүш иштиклиши 10 *м/сек*^{2}.
3. Жисимниң дәсләпки илдамлиғи 5 *м/сек* вә бәшинчи секундта 4,5 *м* йолни бесип өтти. Жисимниң иштиклишини тепиңлар.
4. 9-сүрәттә йолниң түз сизиқлиқ бөлигидики жисимниң һәрикәт илдамлиғиниң вақитқа бағлинишлиқ графиги тәсвирләнгән.
   1) Йолниң һәрбир бөлигини жисим қандақ иштикләш билән бесип өткинини ениқлаңлар. Жисим қанчилик йол маңди? Униң йөнилиши қандақ?
   2) Йолниң дәсләпки икки бөлиги үчүн жисимниң һәрикәт қанунини йезиңлар.
   3) Жисимниң дәсләпки координатиси $x_0 = 5$ *м* болғанда, мошу бөләкләр үчүн жисимниң йөткилиши билән координатисиниң вақитқа бағлинишлиқ графигини тәсвирләңлар.



9-сүрәт. *4-һесапқа*

5) Пеликан, белиқни олаш үчүн суға сүңгигән вақитта әркин чүшиду *(10-сүрәт)*. Белиқниң қутулуп кетиши үчүн 0,15 *сек* һаҗәт болса, пеликанни қандақ егизликтә байқап келиши керәк? Белиқ су бетидә үзүп жүриду, пеликан 25 *м* егизликтин чүшмәктә дәп елиңлар. Әркин чүшүш иштиклиши 10 *м/сек*^{2}, жаваплириңларни йүзлүк үлүшкичә пүтүнләңлар.

10-сүрәт. *5-һесапқа*

Экспериментлиқ тапшурма

Өз велосипедлириңларниң (автомашина) тормоз бериш йолини вә қандақ иштикләш билән қозғалғанлиғини ениқлаңлар. Дәсләпки илдамлиқни қандақ ениқлашқа болидиғанлиғини ойлаштуруңлар.

Иҗадий тапшурма

Әхбарат тәйярлаңлар (ихтияриңларчә)

1. Һәр түрлүк транспортларниң тормоз йолини қисқартиш усуллири.
2. Учидиған аппартлар үчүн учуп-қонуш сизиғини қандақ һесаплайду?

§ 4. Инвариантлиқ вә нисбийәтлик физикилиқ миқдарлар. Галилейниң нисбийәтлик принципи

Күтүлидиған нәтиҗә

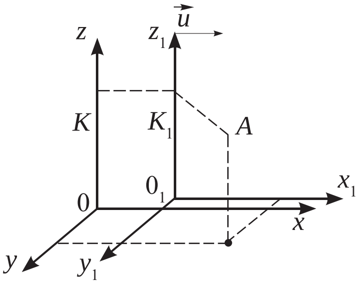
Параграфни өзләштүргәндә:

- *инвариантлиқ вә нисбий физикилиқ миқдарларни пәриқ қилалайсиләр;*
- *йөткилиш билән илдамлиқларни қошушниң классикилиқ қанунлирини һесапларни чиқарғанда пайдилинишни билисиләр.*

I. Механикилиқ һәрикәтниң нисбийәтлиги. Инвариатлиқ вә нисбийәтлик миқдарлар

Механикилиқ һәрикәтни характерләйдиған чүшәнчиләр: траектория, координата, йөткилиш, илдамлиқ бир инерциаллиқ санақ системидин иккинчисигә өткәндә өзгириши мумкин. Бу механикилиқ һәрикәтниң нисбийлигини билдүриду.

Әгәр миқдар бир санақ системисидин иккинсигә өткәндә өзгиридиған болса, у чағда уни нисбий дәп атайду. Әгәр миқдар өзгәрмәй қалса, у чағда у инвариантлиқ болиду.



11-сүрәт. *K – байқиғучиға нисбәтән һәрикәтләнмәйдиған санақ системиси, K_1 – һәрикәтләнидиған санақ системиси*

Кинематикида бир-биригә нисбәтән һәрикәтлинидиған һәрхил координата системилиридики механикилиқ һәрикәтләрни характерләйдиған кинематикилиқ миқдарлар арисидики бағлинишни тепиш муһим мәсилә болуп һесаплиниду.

II. Галилей түрләндүрүшлири

Декарт координатилар системисида бир-бирсигә нисбәтән $\vec{u}$ илдамлиқ билән қозғилидиған K вә K_1 санақ системилирида метерияліқ чекитниң орнини ениқлайли *(11-сүрәт)*. K_1 санақ системисида A чекитиниң координаталириниң мәнаси x_1, y_1, z_1. Қозғалмайдиған санақ системисида A чекитиниң x координатасиниң x_1 координатасидин $u_x t$-ға пәриқлиниду, сәвәви t вақит арилиғида қозғилидиған санақ системиси $0x$ оқиниң бойи билән қозғалмайдиған системиға нисбитән $00_1 = u_x t$ арилиққа йөткилиду. Иккила санақ системисида y, z вә y_1, z_1 координатилири бирдәк. Қараштурулуватқан санақ системилирида вақит бирхил өтиду. K_1 системисидин K системисиға өткәндә Галилей ясиған координатилиқ түрләндүрүш төвәндикидәк болиду:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + u_x t \\ y &= y_1 \\ z &= z_1 \\ t &= t_1 \end{aligned} \qquad (1)$$

Қозғилидиған санақ системиси қозғалмайдиған санақ системисиға нисбәтән $0x$, $0y$ вә $0z$ оқиниң бойи билән бир мәзгилдә йөткәлгәндә, Галилей түрләндүрүши төвәндикидәк болиду:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + u_x t \\ y &= y_1 + u_y t \\ z &= z_1 + u_z t \\ t &= t_1 \end{aligned}$$

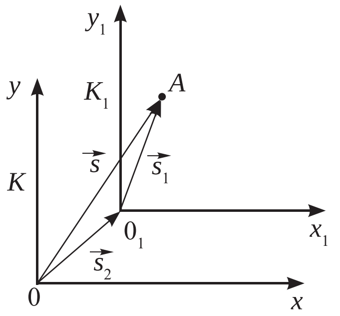
Бу чағда қозғилидиған санақ системисиниң қозғалмайдиған санақ системисиға нисбәтән йөткилиш илдамлиғиниң модули:

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2} \qquad (2)$$

тәң болиду. Җисим координатилири нисбий миқдарлар, аз илдамлиқ билән һәрикәтлинидиған җисимлар үчүн вақит инвариантлиқ болиду.

III. Йөткилишләрни қошуш қаидиси

Җисимниң тәкшиликтики һәрикитини қараштурайли, униң орни икки координата билән ениқлиниду. Бири теч һаләттики җисим билән, иккинчиси һәрикәттики җисим билән бағлинишлиқ координатилар системисини таллайли. Дәсләпки вақит мәзгилидә 0_1 вә 0 чекитлири, қараштурлуватқан җисимниң орни билән мас келиду. t вақит өтүши билән җисим A чекитигә йөткилиду. Қозғилидиған санақ системисиниң 0_1 вә 0 чекитлиригә нисбәтән $\vec{u}$ илдамлиқ билән һәрикәтлинип $\vec{s}_2 = \vec{u}t$ йөткилиду *(12-сүрәт)*.



***12-сүрәт.** Һәр түрлүк санақ системисида орунлашқан байқиғучилар үчүн А чекитиниң йөткилиши*

Җисимниң қозғалмайдиған санақ системисиға нисбәтән йөткилишини $\vec{s}$, қозғилидиған санақ системисиға нисбәтән йөткилишини $\vec{s}_1$ дәп бәлгүләйли. Векторларни қошуш қаидиси бойичә:

$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2 \qquad (3)$$

Җисимниң қозғалмайдиған санақ системисиға нисбәтән йөткилиши җисимниң қозғилидиған санақ системисиға нисбәтән йөткилиши билән қозғилидиған санақ системисиниң қозғалмайдиған санақ системисиға нисбәтән йөткилишиниң геометриялик қошундисиға тәң. Йөткилиш – нисбий миқдар.

Йөткилишләрниң қошуш формулисиниң $0x$ вә $0y$ оқлириға проекцияси төвәндики түргә келиду:

$$s_x = s_{1x} + s_{2x} \qquad (4)$$
$$s_y = s_{1y} + s_{2y}$$

$s_x = x$, $s_{1x} = x_1$, $s_y = y$, $s_{1y} = y_1$ болғанлиқтин *(12-сүрәт)*, таллап елинған оқларға чүширилгән проекциялири арқилиқ формулиларни төвәндикидәк язимиз:

$$x = x_1 + s_{2x} \qquad (5)$$
$$y = y_1 + s_{2y}$$

Әгәр қозғилиштики санақ система қозғалмайдиған санақ системисиға нисбәтән $0x$ оқиниң бойи билән u_x илдамлиқ билән вә $0y$ оқиниң бойи билән u_y илдамлиқ билән һәрикәтләнсә, у чағда жуқурдики тәңлимиләр, төвәндикидәк йезилиду:

$$x = x_1 + u_x t$$
$$y = y_1 + u_y t$$

Йөткилишләрни қошуш арқилиқ биз тәкшилик бойи һәрикәтлинидиған җисим үчүн Галилей түрлинишлирини алимиз.

Өз тәҗрибәңлар

Икки оқуғучиниң өз ара перпендикуляр йөнилиштики һәрикәтлиниш чекитигичә вә бир-биригә нисбәтән болған йөткилишини ениқлаңлар. Орунланған тәҗрибидики һәрикәттики җисим билән һәрикәтлинидиған вә һәрикәтләнмәйдиған санақ системисини атаңлар.

Җавави қандақ?

Санақ чекитини таллаш оқуғучиларниң бир-биригә нисбәтән йөткилишигә қандақ тәсир қилиду?

Җавави қандақ?

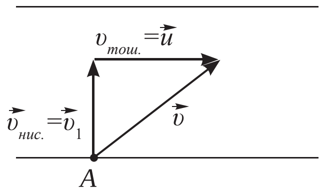
Немишкә Йәрни һәркәтләнмәйдиған санақ системиси ретидә қараштурғанда, униң Күнни айлинип һәркәтлиниши вә суткилиқ-тәвлүклүк һәрикити инавәткә елинмайду?

III. Илдамлиқларни қошуш қаидиси

$\vec{s}_1 = \vec{\upsilon}_1 t$, $\vec{s}_2 = \vec{u}t$, $\vec{s} = \vec{\upsilon}t$, екәнлигини инавәткә алсак, (1) ипадә $\vec{\upsilon}t = \vec{\upsilon}_1 t + \vec{u}t$ түригә келиду, яки:

$$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_1 + \vec{u}. \qquad (6)$$

Жисимниң қозғалмайдиған санақ системисиға нисбәтән илдамлиғи жисимниң қозғилидиған санақ системисиға нисбәтән илдамлиғи билән қозғилидиған санақ системисиниң қозғалмайдиған санақ системисиға нисбәтән илдамлиғиниң геометриялик қошундисиға тәң.



13-сүрәт. *Үзгүчиниң $\vec{\upsilon}_1$ суға вә A байқиғучиға нисбәтән илдамлиқ йөнилиши $\vec{\upsilon}$.*

Илдамлиқниң һесаплашни йеникләштүрүш үчүн, *нисбий* вә *тошиғучи илдамлиқ* дегән чүшәнчиләрни киргүзимиз.

Нисбий илдамлиқ **– жисимниң қозғилидиған санақ системисиға нисбәтән илдамлиғи.**

Тошиғучи илдамлиқ **– қозғилидиған санақ системисиниң қозғалмайдиған санақ системисиға нисбәтән илдамлиғи.**

Мәсилән, үзгүчи суға нисбәтән *(13-сүрәт)* $\vec{\upsilon}_{нис.} = \vec{\upsilon}_1$ нисбий илдамлиқ билән һәрикәтлиниду, еқим уни қирғаққа нисбәтән $\vec{\upsilon}_{тош.} = \vec{u}$ тошиғучи илдамлиқ билән еқитиду. Үзгүчи қирғаққа нисбәтән $\vec{\upsilon}$ илдамлиқ билән һәрикәтлиниду. Шуниң билән, илдамлиқларни қошуш төвәндики түргә келиду:

$$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_{нис.} + \vec{\upsilon}_{тош.} \qquad (7)$$

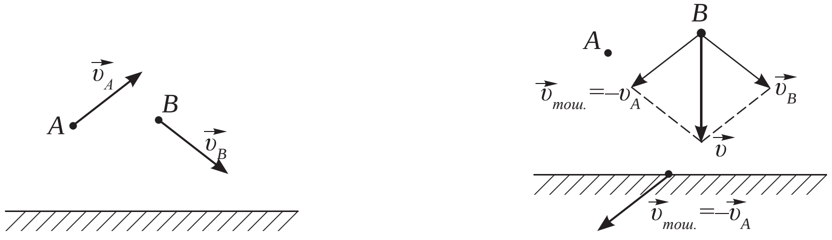
Жисимниң илдамлиғи – нисбий миқдар.

Җавави қандақ?

1. *Бир-биригә нисбәтән турақлиқ илдамлиқ билән һәрикәтлинидиған санақ системилирида немишкә жисим иштиклишиниң мәнаси өзгәрмәйду?*
2. *Немишкә Йәргә нисбәтән һәрикәтлинидиған жисимни һәрикәтләнмәйдиған санақ системиси дәп қобул қилип, ойчә мошу жисимға орунлишип, әтраптики жисимларниң һәрикитини шуниңға нисбәтән караштуримиз?*

V. Икки жисимниң нисбий илдамлиғи

A вә *B* икки жисим йәргә нисбәтән $\vec{\upsilon}_A$ вә $\vec{\upsilon}_B$ илдамлиқлар билән һәрикәтлиниду (*14, а-сүрәт). B* жисимниң *A* жисимға нисбәтән илдамлиғини ениқлайли. Униң үчүн *A* жисимни қозғилидиған санақ системиси дәп караштуримиз, йәни хиялий түрдә мошу жисимға орунлишип, әтраптики жисимларниң һәрикитини карашуримиз. Бошлукта һәммә жисимлар йәр билән бирликтә модули бойичә *A* чекитиниң илдамлиғиға тәң, бирак йөнилиши кариму-карши илдамлик билән йөткилиду *(14, ә-сүрәт).*



14-сүрәт. *B чекитиниң A чекитигә нисбәтән илдамлиғиниң йөнилишини ениқлаш*

B чекитиниң *A* чекитигә нисбәтән һәрикәт илдамлиғини ениқлаш үчүн векторларни қошуш формулисини пайдилинимиз:

$$\vec{v} = \vec{v}_B + \vec{v}_{тош.}$$

яки $\vec{v}_{тош.} = -\vec{v}_A$ нисбәтни инавәткә елип:

$$\vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$$

екәнлиги келип чиқиду.

Икки җисимниң нисбий илдамлиғи уларниң илдамлиқ векторлириниң айримиси билән ениқлиниду.

Әгәр илдамлиқларни кемитиш нәтиҗисидә һәрқандақ булуңлири бар үчбулуңлуқ ясалса, у чағда бәлгүсиз илдамлиқниң санлиқ мәнаси косинуслар теоремиси билән ениқлиниду:

$$v = \sqrt{v_B^2 + v_A^2 - 2v_B v_A \cos\alpha}\,,$$

яки синуслар теоремиси бойичә:

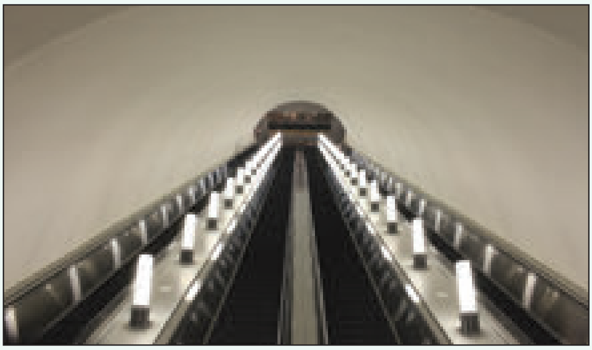
$$\frac{v_a}{\sin\alpha} = \frac{v_B}{\sin\beta} = \frac{v_A}{\sin\gamma}\,.$$

Тәкшүрүш соаллири

1. Җисим һәрикитиниң нисбийлигиниң мәнаси қандақ?
2. Галилей түрләндүрүшлирини қандақ миқдарлар бағлаштуриду?
3. Силәргә Галилей түрләндүрүшиниң қандақ ақивәтлири бәлгүлүк?
4. Икки җисимниң нисбий илдамлиғи қандақ ениқлиниду?

Көнүкмә 4

1. Икки автобус бир йөнилиштә һәрикәтлиниду. Уларниң илдамлиқ модульлири 90 *км/с* вә 60 *км/с*. Биринчи автобусниң иккинчи автобусқа нисбәтән вә иккинчисиниң биринчи автобусқа нисбәтән илдамлиғи немигә тәң?
2. Икки параллель төмүр йолда бир-биригә карму-карши йөнилиштә икки поезд 72 *км/с* вә 108 *км/с* илдамлик билән һәрикәтлиниватиду. Биринчи поездниң узунлуғи 800 *м*, иккинчисиниң 200 *м*. Қандақ вақит арилиғида биринчи поезд иккинчи поездниң қешидин өтиду?
3. Еқим илдамлиғи 2 *м/сек* дәрияда катер қирғаққа нисбәтән 3,5 *м/сек* илдамлик билән перпендикуляр һәрикәтлиниши үчүн мотор катерға қандақ илдамлик бериши керәк?
4. Метро эскалатори униң бойи билән һәрикәтлиниватқан адәмни 1 минутта төвәнгә йәткүзиду. Әгәр адәм икки һәссә илдамлиғини ашурса, у төвәнгә 45 *сек*-та йетиду. Әгәр адәм қозғалмиса, у чағда канчә вақитта төвәнгә йетиду? Әгәр эскалатор илдамлиғи 0,9 *м/сек* болса, униң узунлуғи канчилик? Әгәр Ипәк Йол станциясидә эскалаторниң узунлуғи 104 *м* болса, у йолувчини канчә вақитта төвәнгә йәткүзиду *(15-сүрәт)*?



15-сүрәт. *Алмута метрополитенинин Ипәк Йол станцияси*

Экспериментлиқ тапшурма

Секундомер билән өлчигүч ленитини пайдилинип, икки оқуғучиниң бир йөнилиштә вә қариму-қарши йөнилиштә һәрикәтлиниш вақтидики йөткилишиниң нисбий илдамлиқлирини ениқлаңлар. Елинған нәтижиләрни анализ қилиңлар.

Иҗадий тапшурма

«Һәрхил саһаларда: ишләпчиқиришта, йеза егилигидә, цирк аттракционлирида, авиациядә, һәрхил спорт түрлиридә вә башқа йәрләрдә һәрикәтниң нисбийлигини пайдилиниш» дегән мавзуда әхбарат тәйярлаш.

§ 5. Әгир сизиқлиқ һәрикәт кинематикиси

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:
- *әгир сизиқлиқ һәрикәтлиниш вақтида жисимниң тангенциал, мәркәзгә тартқуч вә толуқ иштикләшилирини, траекторияниң әгирлик радиусини ениқлашни үгинисиләр.*

Һәрқандақ әгир сизиқлиқ һәрикәтлинидиған жисим һәркитини тәтқиқ қилиш вақтида траекторияни түз сизиқлиқ бөләкләр билән радиусниң чәмбәр доғилириниң бирлиги ретидә караштуришқа болиду. Жисимниң чәмбәр бойи билән һәриктини караштурайли.

I. Жисимниң чәмбәр бойи билән бирхил өзгәрмә һәрикитини характерләйдиған сизиқлиқ миқдарлар

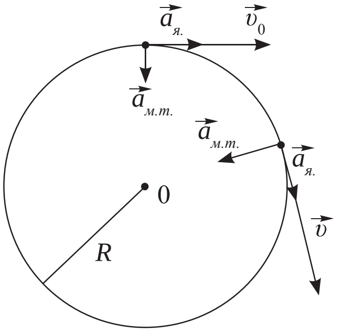
Чәмбәр бойи билән бирхил өзгәрмә һәрикәтлинидиған жисимниң сизиқлиқ илдамлиғи һәр вақитта тәң вақит арилиғида бирдәк мәнаға өзгириду. Бирхил иштиклимә һәрикәт вақтида:

$$\upsilon = \upsilon_0 + a_{я.} t \qquad (1)$$

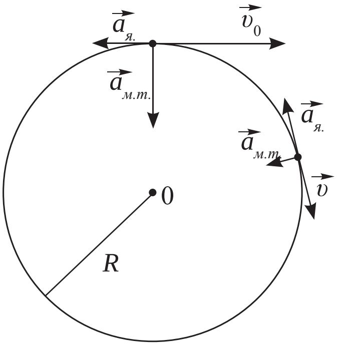
Бирхил кемийдиған һәрикәт вақтида *(16, ә-сүрәт)*:

$$\upsilon = \upsilon_0 - a_{я.} t \qquad (2)$$

(1) вә (2) формулилардики $a_{я.} = \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t}$ иштикләш *яндашма* яки *тангенциал* иштикләш дәп атилиду. У сизиқлиқ илдамлиқниң йөнилиши бойичә траекторияға ядашма бойи билән яки униңға кариму-карши йөнилиду. Әгәр чәмбәр радиуси R турақлиқ миқдар болса, у чағда сизиқлиқ илдамлиқниң өзгириши нәтиҗисидә мәркәзгә тартқуч иштикләш $a_{м.т.} = \frac{\upsilon^2}{R}$ өзгәрмә миқдар болиду. Әгәр мәркәзгә тартқуч иштикләш илдамлиққа 90° булуң ясап йөнәлсә уни нормал иштикләш дәп атап, $a_{м.т.}$ һәрипи билән бәлгүләймиз.



а)

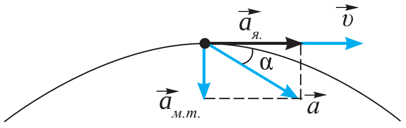


ә)

16-сүрәт. *Материялиқ чекитниң чәмбәр бойичә бирхил өзгәрмә һәрикити*

Чәмбәр бойи билән бирхил өзгәрмә һәрикәтлинидиған жисимниң толуқ иштиклишини ениқлайли *(17-сүрәт)*:

$$\vec{a} = \vec{a}_{я.} + \vec{a}_{м.т.}$$



17-сүрәт. *Толуқ иштикләш билән униң түзгүчилири: яндашма вә нормал иштикләш*

Толуқ иштикләшниң түзгүчилири $\vec{a}_{я.}$ вә $\vec{a}_{м.т.}$ өз ара перпендикуляр, сәвәви чәмбәргә жүргүзүлгән

яндашма радиусқа перпендикуляр болиду. Пифагор теоремиси бойичә толуқ иштикләш:

$$a = \sqrt{a^2_{м.т.} + a^2_{я.}} \qquad (3)$$

Илдамлиқ билән толуқ иштикләшниң арисидики булуң бәлгүлүк болса, нормал вә яндашма иштикләшни төвәндики формула билән бағлаштуришқа болиду:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{a_{м.т.}}{a_{я.}}$$

яки

$$a_{я.} = \frac{a_{ц.т}}{\operatorname{tg}\alpha}.$$

Чәмбәр бойи билән бирхил өзгәрмә һәрикәт вақтида иштикләш вектори чәмбәрниң ичигә қарап йөнилиду. Мошу векторниң тангенциал түзгүчиси илдамлиқниң модули бойичә, нормал түзгүчиси – йөнилиши бойичә өзгиришини характерләйду.

> **Жавави қандақ?**
> 1. *Немишкә яндашма иштикләшни тангенциал иштикләш дәп атайду?*
> 2. *Радиуси турақлиқ чәмбәр бойи билән бирхил өзгәрмә һәрикәтниң толуқ иштикилиши немишкә Пифагор теоремиси билән ениқлиниду?*

> **1-тапшурма**
> Сизиқлиқ вә булуңлуқ миқдарларни һесаплаш формулилириниң охшашлиғи билән пәриқлирини көрситиңлар.

II. Жисимниң чәмбәр бойи билән һәрикитини характерләйдиған булуңлуқ миқдарлар

Бирхил өзгәрмә һәрикәт вақтида ω булуңлуқ илдамлиқ билән φ булуңлуқ йөткилиштин башқа ε булуңлуқ иштикләш чүшәнчисини киргүзүш һаҗәт.

> **Булуңлуқ иштикләш – булуңлуқ илдамлиқниң өзгириш чапсанлиғини характерләйдиған физикилиқ миқдар.**

> **Жавави қандақ?**
> *Немишкә жисимниң чәмбәр бойи билән һәрикитини характерләш үчүн булуңлуқ миқдарларни пайдилиниш қолайлиқ?*

Бирхил иштиклимә һәрикәт үчүн

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} \qquad (4)$$

Бирхил кемийдиған һәрикәт үчүн

$$\varepsilon = \frac{\omega_0 - \omega}{\Delta t} \qquad (5)$$

Булуңлуқ иштикләшниң [ε] өлчәм бирлиги – 1 *рад/сек*^{2}, булуңлуқ илдамлиқниң [ω] – 1 *рад/сек*.

(4), (5) формулилардин булуңлуқ илдамлиқниң пәйтлик мәнасини ипадиләйли:

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t.$$

Елинған формула бирхил өзгәрмә һәрикәт вақтида сизиқлиқ илдамлиқни һесаплаш формулилириға охшаш. Демәк, булуңлуқ йөткилиш формулиси сизиқлиқ йөткилишни һесаплайдиған формулиға охшаш болиду.

Чәмбәр бойи билән бирхил иштиклимә һәрикәт үчүн:

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad \varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon},$$

Чәмбәр бойи билән бирхил кемийдиған һәрикәт үчүн:

$$\varphi = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad \varphi = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\varepsilon}.$$

Булуңлуқ илдамлиқниң оттура мәнасини киргүзсәк:

$$\omega_{om.} = \frac{\omega_0 + \omega}{2},$$

у чағда булуңлуқ йөткилишниң төвәндики формула билән ениқлашқа болиду:

$$\varphi = \frac{\omega_0 + \omega}{2} t.$$

III. Сизиқлиқ вә булуңлуқ миқдарларниң бағлиниши

Иштикләшләр арисида бағлиниш ясайли. (4) формулидики булуңлуқ илдамлиқни сизиқлиқ илдамлиқ билән авуштурайли: $\varepsilon = \frac{\frac{\upsilon}{R} - \frac{\upsilon_0}{R}}{t} = \frac{\upsilon - \upsilon_0}{tR} = \frac{a_{я.}}{R}$. Шундақ қилип, булуңлуқ иштикләш яндашма яки тангенциал иштикләш билән төвәндики нисбийәтлик билән бағлинишиду:

$$a_{я.} = \varepsilon R \qquad (6)$$

(3) вә (6) формулиларни пайдилинип, толуқ иштикләшниң булуңлуқ миқдарлар билән нисбитини алимиз:

$$a = \sqrt{a_{м.т.}^2 + a_{ж}^2} = \sqrt{\omega^4 R^2 + \varepsilon^2 R^2} = R\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}.$$

$$a = R\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2} \qquad (7)$$

5-жәдвәл. *Сизиқлиқ вә булуңлуқ кинематикилиқ миқдарларниң нисбийәтлик жәдвили*

Булуңлуқ миқдарлар	Сизиқлиқ миқдарлар
$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$; $\omega = \omega_0 - \varepsilon t$	$\upsilon = \upsilon_0 + at$; $\upsilon = \upsilon_0 - at$
$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$; $\varphi = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}$	$s = \upsilon_0 t + \frac{at^2}{2}$; $s = \upsilon_0 t - \frac{at^2}{2}$
$\omega > \omega_0$ болғанда $\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$ $\omega_0 > \omega$ болғанда $\varphi = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\varepsilon}$	$s = \frac{\upsilon^2 + \upsilon_0^2}{2a}$; $s = \frac{\upsilon^2 - \upsilon_0^2}{2a}$
$\omega_{om.} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}$	$\upsilon_{om.} = \frac{\upsilon_0 + \upsilon}{2}$

Әскә чүшириңлар!

Сизиқлиқ вә булуңлуқ миқдарлар арисидики бағлиниш:

$l = \varphi R$

$\upsilon = \omega R$

$a_{м.т.} = \omega^2 R$

Әстә сақлаңлар!

$a_{я.} = \varepsilon R$

$a = R\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}$

Җавави қандақ?

Чәмбәр бойичә һәрикәтни характерләйдиған қандақ миқдар билән әгирлик радиусни һесаплашқа болиду?

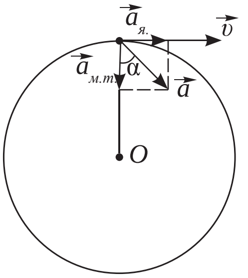
2-тапшурма

Әгирлик радиусини һесаплайдиған барлиқ мүмкин болидиған формулиларни йезиңлар. Сизиқлиқ вә булуңлуқ миқдарларни һесаплаш формулилириниң охшашлиғи билән пәриқлирини көрситиңлар.

Әскә чүшириңлар!

Математика курсидин чәмбәрниң радиусини һесаплашниң қандақ усуллирини билисиләр?

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ



Радиуси 10 *см* чақ 3,14 *рад/сек*^{2} турақлиқ булуңлуқ илдамлиқ билән айлинип һәрикәтлиниду (сүрәткә қара). Һәрикәт башлинип биринчи секундниң ахирида 1) булуңлуқ илдамлиқни, 2) сизиқлиқ илдамлиқни, 3) тангенциал иштикләшни, 4) мәркәзгә тартқуч иштикләшни; 5) толуқ иштикләшни, 6) толуқ иштикләшниң йөнилиши билән чақниң чәтки чекитлиригичә болған радиус арисидики булуңни ениқлаңлар.

Берилгини:	**Йешилиши:**
$R = 10$ *см* $= 0,1$ м $\varepsilon = 3,14$ *рад/сек*^{2} $v_0 = 0$, $\omega_0 = 0$ $t = 1$ *сек*	Жисимниң чәмбәр бойи билән бирхил иштиклимә һәрикити вақтида униң булуңлуқ илдамлиғи $\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$. Һесапниң шәрти бойичә $\omega_0 = 0$, у чағда $\omega = \varepsilon t$. Биринчи секундниң ахирида $\omega = 3,14$ *рад/сек*. Сизиқлиқ илдамлиқ булуңлуқ илдамлиқ билән бағлинишлиқ, бағлиниш формулиси: $v = \omega R$. Биринчи секундниң ахирида $v = 3,14$ *м/сек*.
ω –? v –? $a_{я.}$ –? $a_{м.т.}$ –? a –? α –?	

Тангенциал иштикләш вақитқа бағлиқ әмәс, у турақлиқ вә $a_{я.} = \varepsilon R = 0,314$ *м/сек*^{2}-қа тәң.

Нормал иштикләш вақтниң квадратиға пропорционал өсиду: $a_{м.т.} = \omega^2 R = \varepsilon^2 t^2 R$, биринчи секундниң ахирида $a_{м.т.} = 0,986$ *м/сек*^{2}. Толуқ иштикләшни Пифогор теоремисини пайдилинип: $a = \sqrt{a_n^2 + a_{я.}^2}$ ениқлаймиз. $t = 1$ *сек* болғанда $a = 1,03$ *м/сек*^{2}.

Бириничи секундниң ахирида (*сүрәткә қараңлар*) $\sin\alpha = \frac{a_{я.}}{a} = \frac{0,314}{1,03} = 0,305$ йәни, $\alpha = 17°46'$.

Жавави: $\omega = 3,14$ *рад/сек*, $v = 3,14$ *м/сек*, $a_{я.} = 0,314$ *м/сек*^{2}, $a_{м.т.} = 0,986$ *м/сек*^{2}, $a = 1,03$ *м/сек*^{2}, $\alpha = 17°46'$.

Тәкшүрүш соаллири

1. Толуқ иштикләшниң қайси түзгүчиси сизиқлиқ илдамлиқниң модулиниң өзгириш чапсанлиғини характерләйду? Илдамлиқниң йөнилишиниң өзгиришиничу?
2. Әгир сизиқлиқ һәрикәтлинидиған жисим траекторияси қандақ шәртләр қоюлғанда түз сизиқлиқ болиду?
3. Қандақ миқдарни булуңлуқ иштикләш дәп атайду? У яндашма иштикләш билән қандақ бағлиништа? Толуқ иштикләш биләнчу?

Көнүкмә 5

1. Радиуси 1 *м* болған чәмбәр бойи билән бирхил иштиклимә һәрикәтлинидиған чекит 50 *м* йолни 10 *секунда* бесип өтти. Һәрикәт башлинип 5 *сек* өткәндин кейин, чекитниң нормал иштиклиши немигә тәң?

2. Поезд 54 *км/сек* дәсләпки илдамлиқ билән йолниң әгилгән бөлигигә кириду вә 30 *сек*-та 600 *м* йолни бесип өтиду. Әгирлик радиуси 1 *км*. Мошу йолниң ахиридики поездниң илдамлиғи билән толуқ иштикләшниң модулини тепиңлар. Тангенциал иштикләшниң модули бойичә турақлиқ.
3. Дәсләпки булуңлуқ илдамлиғи $\omega_0 = 2\pi$ *рад/сек* маховик 10 айлиниш ясиди, подшипниктики сүркилиш нәтижисидә тохтап қалди. Маховикниң булуңлуқ иштиклиши турақлиқ дәп елип, униң мәнасини тепиңлар.
4. Чекит чәмбәр бойи билән 0,04 *рад/сек*^{2} турақлиқ иштикләш билән һәрикәтлиниду. Иштикләш вектори қанчә вақиттин кейин илдамлиқ вектори билән 45° ясайду?
5. Нур-Султан шәһириниң «Думан» оюн-тамашә мәркизиниң йенидики Әтрапни байқаш чеқиниң егизлиги 65 *м (18-сүрәт)*. Айлиниш периоди 4 *мин* болса, һәрикәт вақтидики чақниң кабинилири бәкитилгән чекитлириниң сизиқлиқ вә булуңлуқ илдамлиқлири, нормал вә булуңлуқ иштикләшлири қандақ?

18-сүрәт. *МДҺ әллиридики егизилиги бойичә иккинчи орундики мәнзирә қилиш чеқи*

Експериментлиқ тапшурма

Велосипедниң асфальт билән топа бетидә тормоз бәргән вақтидики чақниң һәрикитини характерләйдиған сизиқлиқ вә булуңлуқ миқдарларни ениқлаңлар. Чақниң айлинишини тәтқиқ қилиш үчүн қандақ өлчәш әсваплири һаҗәт?

Иҗадий тапшурма

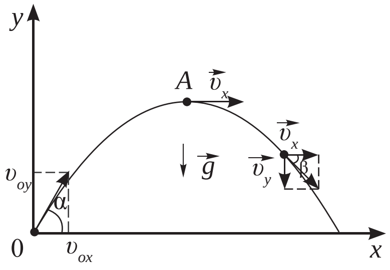
«Дуниядики сәйлә қилиш бағлиридики экстремаллиқ аттракционларниң кинематикилиқ характеристикилири. Уларни пайдилиниш вақтидики бехәтәрлик техникиси» дегән мавзуда әхбарат тәйярлаңлар

§ 6. Упуққа булуң ясап ташланған җисимниң һәрикити

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *упуққа булуң ясап ташланған җисимниң һәрикити вақтидики кенематикилиқ миқдарларни ениқлашни үгинисиләр;*
- *упуққа булуң ясап ташланған җисимниң һәрикитиниң траекториясини тәкшүрәләйсиләр;траектория әгирлигиниң радиусини ениқлашни үгинисиләр.*



19-сүрәт. *Учуш траекториясиниң һәрхил чекитлиридики илдамлиқ векторини түзгүчиләргә айриш*

I. Упуққа булуң ясап ташланған җисимниң пәйтлик илдамлиғи

Пәйтлик илдамлиқ модулини уни түзгүчиләрниң модуллири яки 0*x* вә 0*y* оқлириға чүширилгән проекциялири бойичә ениқлайду *(19-сүрәт)*:

$$\upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2}\ .$$

0 чекитидики пәйтлик илдамлиқ:

$$\upsilon_0 = \sqrt{\upsilon_{ox}^2 + \upsilon_{oy}^2}$$

болиду, бу йәрдә

$$\upsilon_{ox} = \upsilon_0 \cos\alpha$$

$$\upsilon_{oy} = \upsilon_0 \sin\alpha$$

Һәрикәтниң мустәқиллик принципини пайдилинип, җисим һәрикитини 0*x* вә 0*y* оқлири бойичә айрим айрим караштурайли. Әгәр әтрапниң каршилиғини инавәткә алмисақ, у чағда җисим 0*x* *оқи бойичә бирхил һәрикәтлиниду, траекторияниң һәммә чекитлиридә илдамлиқниң векторини* 0*x* *оқи бойичә түзгүчисиниң модули турақлиқ болуп қалиду вә дәсләпки илдамлиқ проекциясигә тәң болиду* $\upsilon_x = \upsilon_{0x}$.

0*y* оқи бойичә җисим бирхил өзгәрмә һәрикәтлиниду: илдамлиқ векторниң оқ бойичә түзгүчисиниң модули җисимни көтәргәндә нөллүк мәнасиғичә кемийду, чүшәргәндә 0 өсиду. Ташлаш җайида униң мәнаси дәсләпки илдамлиқниң проекциясигә тәң болиду $\upsilon_y = \upsilon_{0y}$. 0*y* оқи бойичә илдамлиқ түзгүчисиниң пәйтлик мәнаси:

$$\upsilon_y = \upsilon_{0y} - gt \text{ болиду.}$$

Траекторияниң һәрқандақ чекитидә илдамлиқ түзгүчилириниң вақитқа бағлиқлиғини инавәткә алғанда, пәйтлик илдамлиқ төвәндикичә һесаплиниду:

$$\upsilon = \sqrt{\upsilon_{ox}^2 + (\upsilon_{oy} - gt)^2}\ .$$

A – максимал көтирилиш чекитидики җисимниң пәйтлик илдамлиғи 0*x* оқиға чүширилгән илдамлиқ проекциясигә тәң болиду:

$$\upsilon_A = \upsilon_0 \cos\alpha.$$

Траекторияниң һәрқандақ чекитидики илдамлиқниң мәнасини илдамлиқ векториниң β тәкшилигигә янтулуқ булуңи бәлгүлүк болса, төвәндики формула билән ениқлашқа болиду:

$$\upsilon = \upsilon_0 \frac{\cos\alpha}{\cos\beta}$$

II Упуққа булуң ясап ташлаған җисимниң координатилири

Җисим $0x$ оқи бойи билән бирхил һәрикәтлиниду. демәк, һәрикәт қануни төвәндики түргә келиду:

$$x(t) = x_0 + s_x.$$

$x_0 = 0$, $s_x = \upsilon_{0x}t$, $\upsilon_{0x} = \upsilon_0\cos\alpha$ екәнлигини билсәк, у чағда:

$$x(t) = (\upsilon_0\cos\alpha)\, t. \qquad (1)$$

$0y$ оқи бойичә җисим g әркин чүшүш иштикләш билән бирхил өзгәрмә һәрикәтлиниду, бу һәрикәт түри үчүн қанун новәттики түридә болиду:

$$y(t) = y_0 + \upsilon_{oy}t + \frac{g_y t^2}{2}.$$

Қараштурулуватқан җисим үчүн $y_0 = 0$, $\upsilon_{0y} = \upsilon_0\sin\alpha$, $g_y = -g$ екәнлигини инавәткә алсақ, у чағда:

$$y(t) = (\upsilon_0 \sin\alpha)t - \frac{gt^2}{2}. \qquad (2)$$

Елинған (1) вә (2)тәңлимиләр упуққа булуң ясап ташланған җисмниң һәрикитиниң қанунлири болиду.

III. Траектория тәңлимилири

Икки (1) вә (2) тәңлимилиридин түзүлгән системини йешип, y (x) бағлинишини алимиз. (1) тәңлимидин вақитни ипадиләп $t = \dfrac{x}{\upsilon_0\cos\alpha}$, (2) тәңлимигә қойсақ, $y(x) = \upsilon_0\sin\alpha\dfrac{x}{\upsilon_0\cos\alpha} - \dfrac{gx^2}{2\upsilon_0^2\cos^2\alpha}$

яки
$$y(x) = -\frac{g}{2\upsilon_0^2\cos^2\alpha}x^2 + (\text{tg}\alpha)x \qquad (3)$$

болиду.

Упуққа булуң ясап ташланған җисим траекториясиниң тәңлимиси (3) тармақлири төвәнгә йөнәлгән парабола тәңлимисини бериду.

1-тапшурма

1. Оқ-ядин упуққа 20° булуң ясап (sin20° ≈ 0,34; cos20° ≈ 0,94) 60 *м/сек* илдамлиқ билән етилған оқниң *(20-сүрәт)* дәсләпки илдамлиғиниң түзгүчилирини ениқлаңлар.
2. Оқниң упуққа янтулуқ булуңи 10° (cos10° ≈ 0,98) балған вақиттики учуш илдамлиғини ениқлаңлар.
3. Траекторияниң жуқарқи чекитидики оқниң илдамлиғини тепиңлар.

20-сүрәт. *Җумһурийәтлик оқ-я етиш бойичә мусабиқисигә тәйярлиқ көнүкмиси. Җамбул вилайити*

2-тапшурма

1. (3) траектория тәңлимисини пайдилинип, оқниң учуш траекториясини сизиңлар. Оқниң дәсләпки координатилирини 0-гә тәң дәп елиңлар.
2. Әгәр етилған оқниң сәвийәси билән нишанниң мәркизи дәл кәлсә, у чағда нишан қандақ жирақлиқта җайлашқан? Җаваплириңларни өзәңлар қураштурған графикта пайдилиниңлар.

IV. Упуққа булуң ясап ташлиған җисимниң һәрикитини характерләйдиған миқдарлар

Упуққа булуң ясап ташлиған җисимниң һәрикитини характерләйдиған асасий миқдарлар: егизлик, учуш арилиғи, көтирилиш вақти, чүшүш вақти вә учуш узақлиғи. Җисимларниң әркин чүшүш формулисини (4-җәдвәл, 18 бәт) упуққа булуң

ясап ташланған җисим координатилири билән $0x$, $0y$ *оқлири бойичә илдамлиқ түзгүчилирни пайдилинип, аталған миқдарларниң һесаплаш формулилирини алимиз.*

Учуш егизлигини $h_y = \dfrac{\upsilon_y^2 - \upsilon_{0y}^2}{2g_y}$ һесаплайдиған формулиға дәсләпки вақит мәзигилидә вә һәрқандақ t вақит мәзгилидә $0y$ оқиға чүширилгән илдамлиқ проекциялирини $\upsilon_{0y} = \upsilon_0 \sin\alpha$, $\upsilon_y = \upsilon_0 \sin\beta$ қойимиз. $g_y = -g$ әркин чүшүш иштиклишиниң проекциясиниң бәлгүсини инавәткә алсақ:

$$h = \frac{\upsilon_0^2 \sin^2\alpha - \upsilon^2 \sin^2\beta}{2g} \qquad (4)$$

Әң жуқарқи көтирилиш чекитиниң $0y$ оқи бойичә түзгүчиси нөлгә тәң $\upsilon_y = 0$, $\beta = 0$, (4) ипадиси төвәндикидәк йезилиду:

$$h_{max} = \frac{\upsilon_0^2 \sin^2\alpha}{2g} \qquad (5)$$

Әң жуқарқи егизликкә көтирилишкә кәткән вақитни пәйтлик илдамлиқни һесаплаш формулисидин чиқиримиз:

$$\upsilon_y = \upsilon_{0y} - gt = \upsilon_0 \sin\alpha - gt.$$

$\upsilon_y = 0$ болған чағда йезилған тәңлимидин көтирилиш вақтини һесаплайдиған формулини алимиз:

$$t_{көтир.} = \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g} \qquad (6)$$

3-тапшурма

1. Оқниң әң жуқури көтирилиш егизлигини, көтирилиш вақтини, чүшүш вақтини, учуш вақтини ениқлаңлар.
2. Оқни атқандин кейин нәччә вақит ичидә упуққа нисбәтән бурулуш булуңи 10^0-қа тәң болиду.
3. Мошу вақит ичидики ($\sin 10^0 \approx 0{,}17$) көтирилиш егизлигини һесаплаңлар.

Җавави қандақ?

Әң жуқарқи егизликкә көтирилиш вә дәсләпки сәвийәгә чүшүш вақти пәқәт сүркилиш күчи болмиған шараитта тәң болиду?

Учуш вақти җисимниң $0y$ оқи бойичә координатиси $y = 0$ болған чағда чүшүш вақти арқилиқ ениқлиниду. Берилгән шәртләрдә җисим координатилирини һесаплаш формулисидин:

$$y(t) = (\upsilon_0 \sin\alpha)t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

алимиз, бунидин
$$t = \frac{2\upsilon_0 \sin\alpha}{g} \qquad (7)$$

(6) вә (7) формулилирини селиштуруп, чүшүш вақти үчүн алимиз:

$$t_{чүш.} = \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g}.$$

Ташлаш жайиғичә көтирилиш билән чүшүш вақти бирдәк мәнаға егә болиду. Учуш жирақлиғи җисимниң $0x$ оқи бойичә координатиси билән ениқлиниду:

$$l = x(t) = (\upsilon_0 \cos\alpha)t = \frac{(\upsilon_0 \cos\alpha)\cdot 2\upsilon_0 \sin\alpha}{g}. \qquad (8)$$

бунидин
$$l = \frac{\upsilon_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

V. Траекторияниң әгирлик радиуси

Упуққа булуң ясап ташланған җисимниң һәрикәт траекторияси һасил болидиған чәмбәрләрниң кичик доғилириниң радиуси әгирлик радиуси дәп атилиду.

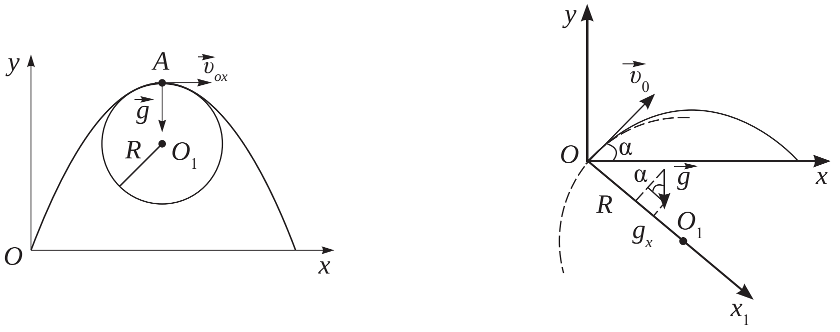
$a_{м.т.} = \frac{\upsilon^2}{R}$ формулисидин әгирлик радиуси $R = \frac{\upsilon^2}{a_{м.т.}}$ екәнлиги келип чиқиду. Параболиниң *A*, *O* вә *B* чекитлириниң әгирлик радиусини ениқлаймиз *(21-сүрәт)*.

а) *A* чекитидә *(21, а-сүрәт)* $\upsilon = \upsilon_{0x} = \upsilon_0 \cos\alpha$, $a_{м.т.} = g$ демәк:

$$R_A = \frac{\upsilon_0^2 \cos^2\alpha}{g}.$$

ә) *O* чекитидә (21*, ә-сүрәт*) $\upsilon = \upsilon_0$, әркин чүшүш иштиклишиниң *Ox* оқиға проекцияси мәркәзгә тартқуч иштикләш болуп тепилиду. $a_{м.т.} = g\cos\alpha$, у чағда

$$R_O = \frac{\upsilon_0^2}{g\cos\alpha}$$



а) *ә)*

21-сүрәт. *Парабола чекитлири үчүн әгирлик радиусини тәсвирләш*

VI. Упуққа ташланған җисимниң һәрикити

Әгир илдамлиқниң йөнилиши билән упуқ сизиғи арисидики булуң α = 0-гә тәң болса, у чағда җисимиң чоққиси ташлаш чекитидә болидиған парабола тармақлири бойичә һәрикәтлиниду *(22-сүрәт)*.

Һәрикәтни характерләш үчүн жуқурида қараштурулған һәммә формулилар қоллинилиду. О*y* оқи бойичә җисим *g* әркин чүшүш иштиклиши билән бирхил иштиклимә қозғилиду, учуш егизлиги:

$$h_y = \frac{g_y t^2}{2}$$

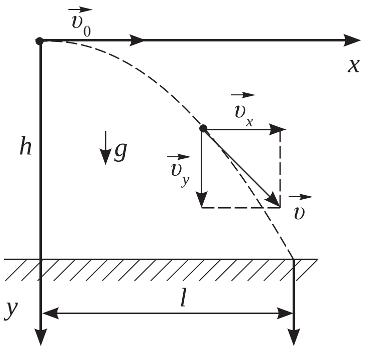
О*x* оқи бойичә υ_0 дәсләпки илдамлиқ билән бирхил һәрикәтлиниду, учуш жирақлиғи төвәндики формула билән ениқлиниду:

$$l = \upsilon_0 t$$

Пәйтлик илдамлиқ траекторияниң һәрқандақ чекитидә

$$\upsilon = \sqrt{\upsilon_0^2 + g^2 t^2}$$

болиду.



22-сүрәт. *Горизонтал ташланған җисимниң илдамлиғи траектория яндашмиси бойичә йөнәлгән*

Жавави қандақ?

1. Немишкә параболиниң бирла чекитиниң әң кичик әгирлик радиуси бар?
2. Немишкә параболиниң пәқәт икки чекитиниң әгирлик радиуслири охшаш мәнаға егә?

Тәкшүрүш соаллири

1. Упуққа булуң ясап ташланған җисимниң пәйтлик илдамлиғи қандақ ениқлиниду?
2. Упуққа булуң ясап ташланған җисимниң һәрикитини характерләйдиған миқдарларни атаңлар. Уларға ениқлима бериңлар.
3. Һәрикәт қануниниң траектория тәңлимисидин айримичилиғи немидә?

Көнүкмә 6

1. Җисим 10 *м/сек* илдамлиқ билән упуққа 45° булуң ясап ташланди. Җисимниң *x* координатиси 3 метрға тәң болғандики көтирилиш егизлигини ениқлаңлар.
2. Тоғра бойи билән 10 *м/сек* илдамлиқ билән ташланған җисимниң учуш жирақлиғи, ташлаш егизлигигә тәң. Җисим қандақ егизликтин ташланған?
3. Әгәр әң жуқарқи көтирилиш чекитидә әгирлик радиуси учуш егизлигидин 2 һәссә артуқ болса, җисим упуққа қандақ булуң билән ташланди?
4. Тағниң бағриға орунлашқан мина атқуч, тағниң тәкши етигидики дүшмәнлиригә оқ атмақта. Тағниң етиги билән упуқ арисидики булуң 30°. Минометниң стволи упуққа нисбәтән 60° булуң билән орунлашқан. Мина атқуч билән мининиң чүшкән орниниң арисидики минимал арилиқни ениқлаңлар.
5. Далада алдида тосалғулуқлар болмиған шамал бораңға айлинип кетиши мүмкин. Болупму, Җоңғар вә Гашун-Гобидики шамаллар хәтәрлик, у өйләрниң чедирлирини учартип, кигиз өйләрни дүм көмирип, 3–5 *км* жирақлиққа учартиду. Шамалниң тәсирини вақитчә дәп елип, упуққа 45° булуң билән йөнәлгән, униң дәсләпки илдамлиғини ениқлаңлар.

Экспериментлиқ тапшурма

Оюнчуқ тапанчидин етилған оқниң учуш жирақлиғи етилиш булуңиға бағлиқ екәнлигини тәтқиқләңлар. Силәргә қандақ әсваплар һаҗәт? Елинған нәтиҗиләрни нәзәрийәвий нәтиҗиләр билән селиштуруңлар, өз өлчәшлириңларниң тәсадипий вә системилиқ хаталиқлириниң сәвәплирини көрситиңлар.

1-бапниң йәкуни

<table>
<tr><th>Һәрикәт түри</th><th>Һәрикәт қануни</th><th>Траектория тәңлимиси</th><th>Әгрилик радиуси</th></tr>
<tr><td>Упуққа булуң ясап ташланған жисимниң һәрики</td><td>$x(t) = (\upsilon_0 \cos\alpha)t$
$y(t) = (\upsilon_0 \sin\alpha)t - \frac{gt^2}{2}$</td><td>$y(t) = -\frac{g}{2\upsilon_0^2 \cos^2\alpha} x^2 + (tg\alpha)x$</td><td>$R = \frac{\upsilon^2}{a_{м.т}}$</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Чәмбәр бойи билән бирхил өзгәрмә һәрикәт</td><td>Иштикләш</td><td>Булуңлуқ иштикләш</td><td>Иштикләш билән бағлиниши</td></tr>
<tr><td>$a = \sqrt{a_{м.т.}^2 + a_{я.}^2}$</td><td>$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t}$; $\varepsilon = \frac{\omega_0 - \omega}{\Delta t}$</td><td>$a_{я.} = \varepsilon R$</td></tr>
<tr><td>Булуңлуқ илдамлиқ</td><td>Булуңлуқ йөткилиш</td><td>Иштикләш билән булуңлуқ илдамлиқниң бағлиниши</td></tr>
<tr><td>$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$
$\omega_{от.} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}$</td><td>$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$; $\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$
$\varphi = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\varepsilon}$</td><td>$a_{м.т.} = \omega^2 R$
$a = R\sqrt{\omega^4 - \varepsilon^2}$</td></tr>
<tr><th colspan="2">Галилей түрләндүрүшлири</th><th colspan="2">Галилей түрләндүрүшлиридин чиқидиған ақивәтләр</th></tr>
<tr><td colspan="2">$x = x_1 + u_x t$
$y = y_1,\ z = z_1,\ t = t_1$</td><td colspan="2">$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$, $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_{нис.} + \vec{\upsilon}_{тош.}$</td></tr>
</table>

Глоссарий

Булуңлуқ иштикләш – булуңлуқ илдамлиқниң өзгириш чапсанлиғини характерләйдиған физикилиқ миқдар.

Кинематика – жисимларниң һәрикәт қанунлирини уларниң массиси билән жисимға тәсир қилидиған күчләрни инавәткә алмай характерләйдиған механикиниң бөлүми

Кинематикиниң асасий һесави – чекитләр яки жисимлар һәрикәтлириниң берилиш усуллирини вә шуниңға охшаш бу һәрикәтләрниң кинематикилиқ характеристикилирини ениқлаш.

Механика – материялиқ жисимларниң механикилиқ һәрикити вә уларниң өз ара тәсирлишиши тоғрилиқ илим.

Нисбий илдамлиқ – жисимниң қозғилидиған санақ системисиға нисбәтән илдамлиғи.

Һәрикәт тәңлимиси – жисимницң *x* координатисиниң *t* вақитқа бағлиқлиғи.

Тошиғучи илдамлиқ – қозғилидиған санақ системисиниң қозғалмайдиған санақ системисиға нисбәтән илдамлиғи.

Яндашма иштикләш – сизиқлиқ илдамлиқниң өзгириш чапсанлиғини характерләйдиған физикилиқ миқдар.

МЕХАНИКА

1

2-БАП

ДИНАМИКА

Қандақту бир һәрикәтниң пайда болуш сәвәплирини механикиниң динамика бөлүми караштуриду.

Динамика (грек тилида δύναμις – «күч» дегән мәнани билдүриду) – жисимға тәсир қилидиған күчләрниң тәсиридин болидиған һәрикәтни караштуридиған механикиниң бөлүми.

Ақивәтлири динамикиниң һесаплирини йешиш үчүн керәклик барлиқ тәңлимиләр билән теоремилар болған Ньютонниң үч қануни бөлүмниң асаси болиду.

Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:

- жисимларниң бирнәччә күчләрниң тәсиридин болидиған һәрикити вақтидики һесапларни чиқиришниң мүмкин болидиған алгоритмини түзүшни;
- инертлиқ вә гравитациялик массиларниң физикилиқ мәнәсини чүшәндүрүшни;
- материялиқ чекитниң гравитациялик мәйданиниң күчинишлиги билән потенциалиниң ариликқа бағлиқлиғини графикилиқ түрдә чүшәндүрүшни;
- һесапларни чиқиришта пүткүл аләмлик тартилиш қанунлирини қоллинишни;
- материялиқ жисимларниң инерция моментлирини һесаплаш үчүн Штейнер теоремисини қоллинишни;
- һесапларни чиқиришта айланма һәрикәт динамикисиниң тәңлимилирини һәр түрлүк формиларда қоллинишни;
- илгирилимә вә айланма һәрикәтни тәсвирләйдиған физикиклиқ миқдарлар арисида мувапиқлиғини жүргүзүшни;
- жисимниң инерция моментин тәжрибилик усул арқилиқ ениқлашни үгинисиләр.

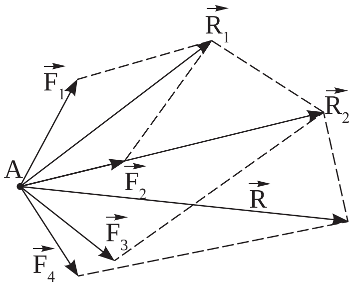
§ 7. Күчләр. Күчләрни қошуш. Ньютон қанунлири

Күтүлидиған нәтиҗә

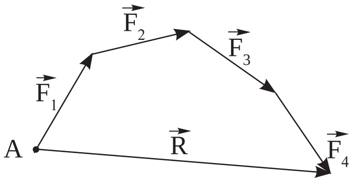
Параграфни өзләштүргәндә:
- *күчләрни графикилиқ түрдә тәсвирләшни үгинисиләр;*
- *тәң тәсирлик күчни ениқлашни үгинисиләр ;*
- *бирнәччә күч тәсир қилғандики җисимниң һәрикити вақтида һесаплар чиқиришниң мумкин болидиған алгоритмини қурушни үгинисиләр.*

1-тапшурма

Әгирлик радиусини һесаплайдиған мумкин болған формулиларни йезиңлар. Сизиқлиқ вә булуңлуқ миқдарларни һесаплаш формулилириниң охшашлиғини вә айирмичилиғини көрситиңлар



а)



ә)

23-сүрәт. *Тәң тәсирлик күчни ениқлашниң геометриялик усули*

I. Тәбиәттики күчләр

Бизниң әтрапимиздикики җисимлар өз ара тәсирлишиши нәтиҗисидә өзлириниң бошлуқтики орнини өзгәртиду, болмиса деформациялиниду. *Җисимға башқа җисимларниң яки мәйданларниң тәсир қилиш өлчими, йөнилиши бар физикилиқ миқдар – күч билән характерлиниду.* Күч тәсири униң санлиқ мәнасиға, чүшүш чекитигә, йөнилишигә бағлиқ. Җисим һәрикитиниң өзгириши күчниң тәсиридин болиду.

Тәбиәттә күчләр тәбиитигә бағлиқ төрт түргә бөлүниду: 1) гравитациялик, 2) электромагнитлиқ, 3) күчлүк яки ядролуқ, 4) күчсиз.

Физикиниң механика бөлүмидә җисимларниң гравитациялик, молекулярлиқ электромагнитлиқ күчләрниң тәсиридин болидиған һәрикәтләрни қараштуриду.

II. Күчләрни қошуш

Җисимға тәсир қилидиған барлиқ күчләрниң тәң тәсирлик күчини ениқлашниң икки усули бар: геометриялик вә аналитикилиқ. Геометриялик усул векторларни параллелограмм яки үчбулуң қаидиси бойичә қошушқа асасланған. Арилиқтики тәң тәсирлик күчләрни тепип *(23, а-сүрәт)* яки күчлүк көпбулуңни караштуруп күчләрни биридин кейин бирини системилиқ қошуш арқилиқ барлиқ күчләрниң тәң тәсирлик күчини ениқлашқа болиду *(23, ә-сүрәт)*. Графикилиқ усул бойичә күч векторлириниң тәң тәсирлишишини һәрқандақ тәртип билән сизиш арқилиқ ениқлашқа болиду. Бу һаләттә тәң тәсирлик күчниң йөнилиши билән миқдари өзгәрмәйду. Тәң тәсирлик вектор биринчи векторниң бешидин ахирқи векторниң учиға йөнәлгән.

Аналитикилиқ усулниң маһийити төвәндикичә: барлиқ тәсир қилғучи күчләрни икки өз ара перпендикуляр *Ox* вә *Oy* оқлирида проекцияләймиз, вә шу проекцияләрниң қошундисини ениқлаймиз:

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + \ldots + F_{nx}$$
$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + \ldots + F_{ny}$$

Елинған нәтиҗиләр Пифагор теоремиси бойичә тәң тәсирлик күчниң модулини ениқлаш үчүн пайдилинилиду: $F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2}$

Бу усулни координатилиқ усул дәп аташ қобул қилинған.

III. Динамикиниң асасий қанунлири

Жисимларниң һәрикәт түрлири билән уларниң пәйда болуш сәвәплири тоғрилиқ билимни умумлаштуруш арқилиқ И.Ньютон үч қанунни йәкүнлигән:

Ньютонниң I қануни:
Әгәр жисимға күчләр тәсир қилмиса яки күчләрниң тәсири тәңләштүрүлсә, у чағда жисим йә теч һалитини сақлайду яки түз сизиқлиқ вә бирхил һәрикитини давамлаштуриду.

Әгәр жисимға чүширилгән күчләрниң һәрикити тәңләштүрүлгән болса, у чағда Ньютонниң I қануни төвәндикичә тәриплиниду:

$$\vec{F}_1+\vec{F}_2+......+\vec{F}_n=0,\ a=0,\ \upsilon=const \text{ яки } \sum_{i=1}^{n}\vec{F}_i=0$$

Ньютонниң биринчи қануни жисимниң түз сизиқлиқ вә бирхил һәрикәтлиниш шәртини ениқлайду.

Ньютонниң биринчи қануни орунлинидиған санақ системисини инерциал санақ системиси (ИСС) дәп, қанунни – инерция қануни дәп атайду. Бизниң сәйяримизда механикилиқ һадисиләрни тәсвирләш үчүн ИСС ретидә Йәрни, теч һаләттики жисимларни вә Йәргә нисбәтән турақлиқ илдамлиқ билән һәрикәтлинидиған жисимларни алиду.

Иштикләш билән һәрикәтлинидиған жисимларға нисбәтән Ньютонниң қануни орунланмайду. Иштикләш билән һәрикәтлинидиған жисимлар билән бағлинишқан системиларниң инерциаллиқ әмәс санақ системиси дәп атайду (ИӘСС).

Ньютонниң II қануни:
Иштикләп һәрикәтлинидиған жисимниң иштиклиши униңға тәсир қилидиған тәң тәсирлик күчкә тоғра пропорционал, жисимниң массисиға болса экси пропорционал.

$$\vec{a}=\frac{\vec{F}_1+\vec{F}_2+....+\vec{F}_n}{m}$$

Иштикләшниң йөнилиши жисимға чүширилгән барлиқ күчләрниң тәң тәсирлик күчиниң йөнилиши билән мувапиқ келиду $\vec{a}\uparrow\uparrow\vec{F}_R$.

Ньютонниң иккинчи қануни жисимниң бирхил, әмәс яки бирхил өзгәрмә һәрикиниң шәртини ениқлайду. Ньютонниң иккинчи қануни ИСС үчүн орунлиниду.

2-тапшурма

1. Молекулярлиқ электромагнитлиқ күчләрни һесаплаш формулисини йезиңлар.
2. Аталған күчләрниң чүшүш чекити билән йөлинишини графикилиқ түрдә тәсвирләңлар.

Күчниң көпбулуңлуқ алгоритмини түзүңлар

1. Тәкшиликтә *A* чекитини яки болмиса жисимниң массилар мәркизини таллаймиз.
2. $\vec{F}_1$ биринчи векторни өзигә параллель йөткәп йәнә узунлуғини сақлап туруп, уни талланған чекиткә орунлаштуримиз.
3. Биринчи векторниң ахириға иккинчи векторниң $\vec{F}_2$ бешини орунлаштуримиз. Дәл мошуниңға охшаш кейинки векторниң ахириға кейинки векторниң бешини қошуш арқилиқ барлиқ векторларни сизимиз.
4. Тәң тәсирлик күчниң вектори, елинған сунуқ сизиқларни туюқлайду. У биринчи векторниң бешини ахирқи векторниң ахири билән қошиду, ахирқи векторниң ахириға йөнилиду.

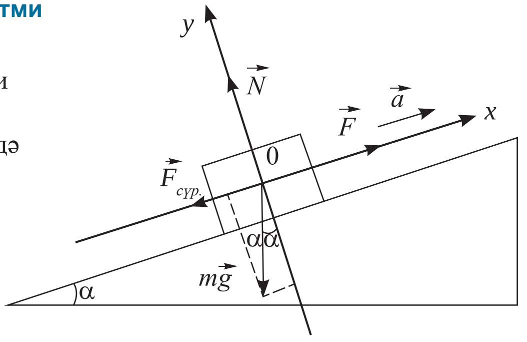
3-тапшурма

1. 23-сүрәттики *A* чекитигә чүширилгән күчләрниң тәң тәсирлик күчини аналитикилиқ усул билән ениқлаңлар.
2. Тәң тәсирлик күчни аналитикилиқ усул арқилиқ тепиш алгоритмини түзүңлар.

Ньютонниң иккинчи қанунини импульслуқ түрдә характерләйли: иштикләш – бу җисимниң һәрикәт илдамлиғиниң өзгириш чапсанлиғи $\vec{a} = \frac{\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0}{\Delta t}$ билдүридиғанлиғини инавәткә елип: $\vec{F}\Delta t = m\vec{\upsilon} - m\vec{\upsilon}_0$, бунидики $\vec{F}$ – җисимға тәсир қилидиған тәң тәсирлик күч.

Динамика һесаплирини һесаплаш алгоритми

1. Сүрәттин җисимға тәсир қилидиған күчләр билән иштикләшниң йөнилишини көрситиш (24-сүрәт).
2. Асасий һәрикәт қанунини векторлуқ түрдә йезиш
$$m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{сүр.} + \vec{N}$$
3. Һесаплашқа оңай $0x$ вә $0y$ оқлирини таллавелиш, униң бирини җисимниң һәрикәтлиниш йөнилиши билән йөнәлдүрүш.
4. Асасий қанунни таллап алған оқларға проекцияләш арқилиқ йезиш:
$$ma_x = F_x + mg_x + F_{сүр.x} + N_x$$
$$ma_y = F_y + mg_y + F_{сүр.y} + N_y$$
5. Векторларниң проекциялирини модульлар арқилиқ бәлгүлирини инавәткә елип:
$$ma = F - mg \cdot \cos\alpha - F_{сүр.}$$
$$0 = -mg \cdot \sin\alpha + N$$
6. Һаҗәт болғанда күчләрни һесаплаш билән кинематикилиқ миқдарларниң формулилирини йезиш: $F_{сүр.} = \mu N$, $a = \frac{\upsilon^2 - \upsilon_0^2}{2s}$
7. Тәңлимиләр системисини бәлгүсиз миқдарға, мәсилән ахирқи идамлиққа нисбәтән йешиш.



24-сүрәт. *Төрт күчниң тәсиридин җисим янту тәкшилик бойичә жуқуриға қарап иштикләш билән һәрикәтлинип кетип бариду*

Ньютонниң III қануни:

Җисимлар модули бойичә тәң, йөнилиши бойичә қариму-қарши күчләр билән өз ара тәсирлишиду. Улар тәбиити бойичә бирдәк күчләр болуп караштурлуп, һәр түрлүк җисимларға чүширилиду вә бир түзниң бойида тәсирлишиду: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

Динамика һәсаплирини чиқарғанда стандартлиқ һәсапларни йешиш мүкүнчилигини беридиған алгоритмлири пайдилинилиду.

IV. Инерциаллиқ әмәс санақ системиси үчүн Ньютонниң иккинчи қануни. Инерция күчи

Әгәр җисимға тәсир қилидиған аддий күчләр билән биллә инерция күчини пайдилансақ, у чағда Ньютонниң иккинчи қанунини инерциаллиқ әмәс санақ системисида пайдилинишқа болиду.

Инерция күчи дегинимиз – җисимларниң өз ара тәсирлишишидин бағлинишсиз түрдә пәйда болидиған күч. Инерциаллиқ әмәс санақ системисини пайдилиниш инерция күчлирини қобул қилишқа елип кәлди.

Инерция күчи җисим массисиниң санақ системисиниң иштиклишиниң көпәйтиндисигә тәң вә у җисимға чүширилгән системиниң иштиклишигә қариму-қарши йөнәлгән: $\vec{F}_и = -m\vec{a}$

25, *а-сүрәттә җисимға тәсир қилидиған еғирлиқ күчи билән лифт кабинисиниң Йәргә нисбәтән иштиклиши көрситилгән.* 25, *ә-сүрәттә инерция күчини пайдиланған җисим лифт кабинисиға нисбәтән* $\vec{g}+\vec{a}$ *иштикләш билән һәрикәтлиниду.*

V. Бағлиништики җисимларниң қозғилиши

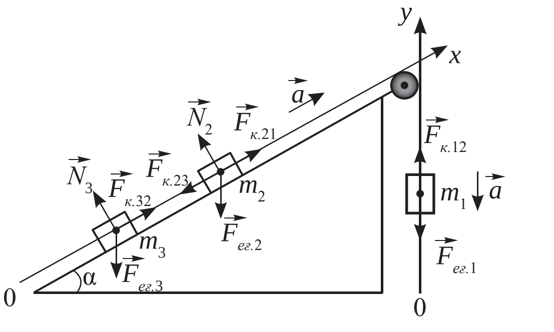
26-сүрәттә $\vec{a}$ иштикләш билән һәрикәтлинидиған бағлиништики җисимларниң системиси берилгән. Җисимлар системисиниң һәрикитини тәсвирләйдиған миқдарларни һесаплиғанда, җисимға тәсир қилидиған барлиқ күчләрни көрситиш һаҗәт. Һәрбир җисим үчүн Ньютонниң иккинчи қанунини язимиз:

$$m_1\vec{a} = \vec{F}_{ег1} + \vec{F}_{к12}$$

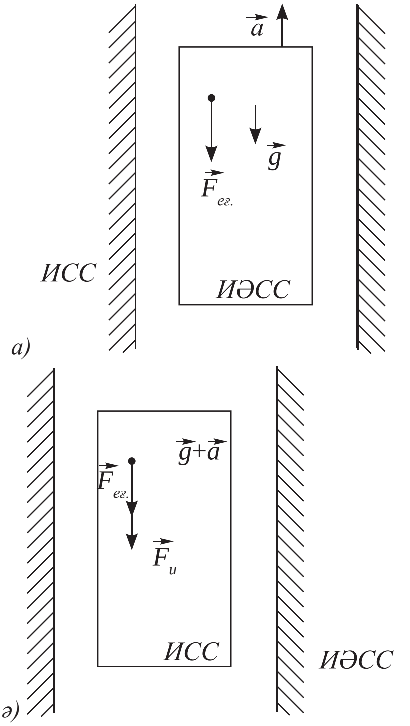
$$m_2\vec{a} = \vec{F}_{к21} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{к23} + \vec{F}_{ег2}$$

$$m_3\vec{a} = \vec{F}_{к32} + \vec{N}_3 + \vec{F}_{ег3}$$

буниңдики $F_{к.12}$ – биринчи җисимға иккинчи җисим тәрипидин тәсир қилидиған күч, $F_{к.21}$ – иккинчи җисимға биринчи җисим тәрипидин тәсир қилидиған күч, $F_{к.23}$ – иккинчи җисимға үчинчи җисим тәрипидин тәсир қилидиған күч, $F_{к.32}$ – үчинчи җисимға иккинчи җисим тәрипидин тәсир қилидиған күч.



26-сүрәт. *Янту тәкшилик бойи билән бағлинишқан җисимлар һәрикити*



25-сүрәт. *ИСС билән ИӘСС-ки күчләр вә иштикләшләрни тәсвирләш*

Йешиш үчүн қолайлиқ оқларни таллаймиз, тәңлимиләрни, миқдарлар модулини проекцияләр арқилиқ язимиз, шуниңдин кейин системини бәлгүсиз миқдарға нисбәтән йешимиз. Йешиш вақтида Ньютонниң үчинчи қануни асасида җисимларниң өз ара тәсирлишиш күчлириниң $\vec{F}_{12} = F_{21}$; $F_{23} = F_{32}$ тәң екәнлигини етиварға алимиз.

Әстә сақлаңлар!

Күчләр системисиниң иштиклишини ениқлаш үчүн системини һәрикәткә кәлтүридиғнан ташқи күчләрдин һәрикәткә қариму-қарши тәсир қилидиған ташқи күчләрни азайтип, нәтиҗисини системиниң массисиға бөлүш керәк.

Әгәр бир-бири билән бағлинишлиқ система җисимлириниң арисидики өз ара тәсирлишиш күчлири Ньютонниң үчинчи қануниға мувапиқ бир-биригә тәң болғанлиқтин, униң һәрикәткә кәлтүрәлмәйдиғанлиғини етиварға алсақ, һесапни йешиш оңай болиду. Система җисимлири арисидики өз ара тәсирлишиш күчлирини *ички күчләр* дәп атайду. Ташқи күчләр системини һәрикәткә кәлтүриду.

26-сүрәттә көрситилгән җисимлар системиси үчүн җисимни һәрикәткә кәлтүридиған ташқи күчләр $F_{eг.1}$, $F_{eг.2}$, $F_{eг.3}$ еғирлиқ күчлири болуп һесаплиниду. Системиниң иштиклиши җисимларни бағлаштуридиған җипниң бойида мошу күчләрни тәшкил қилидиған тәң тәсирлик күчкә тоғра пропорционал вә системиниң массисиға экси пропорционал: $a = \dfrac{F_{eг.1} - F_{eг.2}\sin\alpha - F_{eг.3}\sin\alpha}{m_1 + m_2 + m_3}$

Тәкшүрүш соаллири

1. Ньютон қанунлирини тәриплəңлар.
2. Пәйда болуш тәбиити бойичә күчләрниң қандақ түрлирини билисиләр?
3. Қандақ күчләрни инерциялиқ күчләр дәп аташ қобул қилинған?
4. Бағлинишқан җисимлар системисини қандақ күчләр һәрикәткә кәлтүриду?

Көнүкмә 7

1. Полаттин ясалған тик тахтиға йепиштурулған массиси 50 *г* болған магнитниң жуқури йөнилиш бойичә бирхил орун йөткилиши үчүн қандақ күч сәрип қилиниду? Магнитни төвәнгә қарап бирхил һәрикәтләндүрүш үчүн 1,5 *Н* күч сәрип қилиниду.
2. Янтулуқ булуңи 30° болидиған янту тәкшиликтә массиси 50 *кг* җисим орунлашқан, униңға горизонтал йөнилиштә 294 *Н* күч тәсир қилиду. Көрситилгән күч а) солдин оң тәрәпкә; б) оңдин солға қарап тәсир қилған шараиттики җисимниң иштиклишини ениқлаңлар; $g = 10$ *м/сек*^{2}.
3. 1,2 *м/сек*^{2} иштикләш билән вертикал жуқуриға қарап һәрикәтләнгән лифтниң жуқурисиға динамометр илинған блок арқилиқ җип тартилиду, җипниң учиға массиси 0,2 *кг* вә 0,3 *кг* жүклири бағлиниду. Блок билән жүкни салмақсиз дәп динамометрниң көрсәткүчини ениқлаңлар, $g = 10$ *м/сек*.
4. Қилич-белиқ һужум ясиғанда униң илдамлиғи 140 *км/с*-ға йетиду. У өзини һечбир жараһәтләнмәй кеминиң корпусини тешиши мүмкин. Униң бешидики қиличиниң түвидә гидравликилиқ амортизатор – майға толтурулған йоған әмәс бошлуқ бар, у урулушниң тәсирини йеникләштүриду. Әгәр массиси 10 *кг* болидиған белиқ қелинлиғи 20 *см* кемә корпусини 0,5 *сек* вақит ичидә тәшсә, у чағда кеминиң қаршилиқ күчи қандақ?

Иҗадий тапшурма

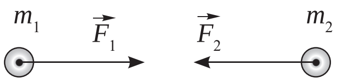
Күчләрниң асасий характеристикилири билән өз ара бағлинишини көрситип «Тәбиәттики күчләр» – мавзусиға кластер қуруңлар.

§ 8. Пүткүл аләмлик тартилиш қануни

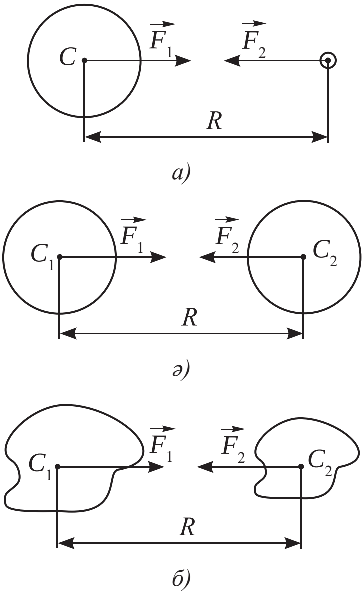
Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *инертлиқ вә гравитациялик массиларниң физикилиқ мәнасини чүшәндүрүшни үгинисиләр;*
- *материялиқ чекитниң күчинишлиги билән гравитациялик мәйдан потенциалиниң арилиққа графикилиқ бағлинишлиғини чүшәндүрүшни үгинисиләр;*
- *һесапларни чиқиришта пүткүл аләмлик тартилиш қанунини пайдилинишни үгинисиләр.*



27-сүрәт. *Пүткүл аләмлик тартилиш күчлири бир түз бойида қариму-қарши йөнилиштә тәсир қилиду*



28-сүрәт. *Пүткүл аләмлик тартилиш күчлири – мәркәзлик, C_1, C_2 – еғирлиқ мәркәзи*

I. Материялиқ чекитләргә пүткүл аләмлик тартилиш қанунини қоллиниш

1667-жили И.Ньютон пүткүл аләмлик таритилиш қанунини ачти.

Массилири m_1 вә m_2 болған һәрқандақ икки материялиқ җисим бир-биригә уларниң массилириниң көпәйтиндисигә тоғра пропорционал вә R арилиқниң квадратиға әкси пропорционал күч билән тартилиду:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{R^2}, \qquad (1)$$

буниңдики $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\ \frac{Н \cdot м^2}{кг^2}$ – гравитациялик турақлиқ.

Пүткүл аләмлик тартилиш қануни җисимлар арисидики арилиқ билән селиштурғанда мөлчәри кичик болидиған җисимлар үчүн орунлиниду, у материялиқ чекитләргә қолланған тоғра *(27-сүрәт)*.

Массилири аз җисимлар үчүн тартилиш күчи наһайити аз болиду.У көпинчә шар шәклидики асман җисимлири үчүн қоллинилиду *(28-сүрәт)*.

Гравитациялик өз ара тәсир қилиш күчлири җисимларниң еғирлиқ мәркизини қошидиған түз бойи билән йөнәлгән, улар *мәркәзлик күчләр* болуп һесаплиниду.

Гравитация күчини һесаплаш үчүн җисимларниң еғирлиқ мәркәзлири арисидики арилиқни ениқлаш һаҗәт.

II. Масса – гравитация өлчими

Җисимларниң өз ара тартилиши яки гравитациялик өз ара тәсир қилиш күчи җисимларниң массилириға бағлиқ у пүткүл аләмлик тартилиш қанунидин келип чиқиду. Демәк, *масса җисимларниң гравитациялик хусусийәтлириниң өлчими болуп тепилиду.*

Тартилиш күчиниң тәсиридин болған һәрикәтни қараштуруп, масса җисимниң инертлиғи болидиған Ньютонниң иккинчи қанунини пайдилинилиду:

$$m_{ин}a = \frac{GMm_{гр}}{R^2},$$

Ньютон төвәндикичә хуласигә кәлгән: гравитациялик вә инерциялик массилар тәң, барлиқ җисимлар массилириға бағлинишсиз, асман җисимлириниң

тартилиш мәйданида охшаш $a = g = \frac{GM}{R^2}$ иштикләш билән чүшиду.

III. Гравитациялик мәйданниң күчлик характеристикиси

9-синип курсида қараштурулған гравитациялик мәйданниң күчлүк характеристикиси күчинишлик $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{m}$ болуп һесаплиниду. У әркин чүшүш иштиклишигә тәң. $\vec{E}$ күчинишлик билән әркин чүшүш иштиклиши асман жисими бетиниң әтрапида турақлиқ миқдар болуп қалиду:

$$g = \frac{GM_a}{R_a^2} \qquad (2)$$

буниңдики M_a – асман жисиминиң массиси; R_a – асман жисиминиң радиуси.

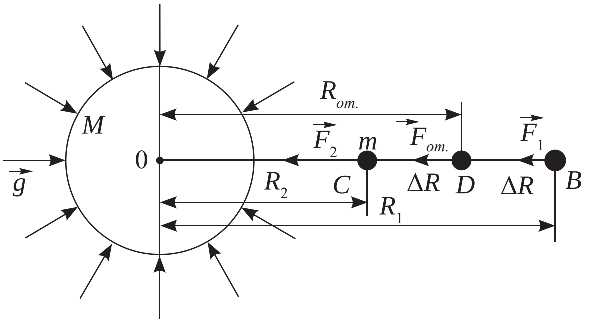
Күчинишлик вектори Йәр мәркизигә йөнәлгән вә униң бетигә перпендикуляр, Йәр орбитисиниң әгирлигини етиварға алмиғанда гравитациялик мәйданниң күч сизиқлири бир-биригә нисбәтән параллель орунлашқан. Бу һаләттә мәйданни бирхил дәп һесаплашқа болиду.

Асман жисимидин жирақлиғанда гравитациялик мәйдан күчсизлиниду:

$$g = \frac{GM_a}{(R_a + h)^2}, \qquad (3)$$

униң күч сизиқлири шалаңлишишқа башлайду.

Йәрдин жирақлиған һаләттә униң әгирлигини етиварға алмашқа болмайду. Йәрниң гравитациялик мәйдани *бирхил әмәс*, күч сизиқлири параллель болмайду. Асман жисимиға йеқинлашқанда тартилиш күчи өсиду $\vec{F}_2 > \vec{F}_1$ *(29-сүрәт)*. Мәйдан күчинишлигиниң (әркин чүшүш иштиклиши) жирақлиққа бағлинишлиқ графики 30-сүрәттә берилгән.



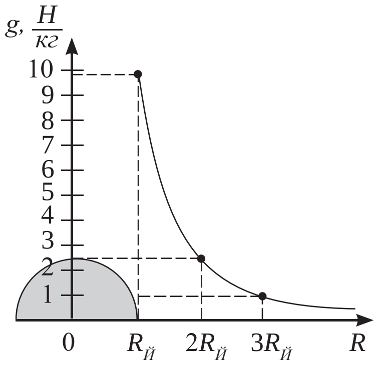
29-сүрәт. *Бирхил әмәс гравитациялик мәйданниң күч сизиқлири*

Җавави қандақ?

Һәжими чоң жисимлар арисидики тартилиш күчини ениқлиғанда немишкә уларниң еғирлиқ мәркизиниң жайлишишини билиш һаҗәт?

1-тапшурма

Бирхил гравитациялик мәйданниң күч сизиқлирини дәптәрлириңларда тәсвирләңлар.



30-сүрәт. *Гравитациялик мәйдан күчинишлигиниң арилиққа бағлиқ графики*

2-тапшурма

Гравитациялик мәйдандики чекитләр потенциаллириниң асман жисимиғичә болған арилиққа бағлиқ формулисини пайдилинип, $\varphi = \varphi(R)$ бағлиниш графигин сизиңлар.

IV. Гравитациялик мәйданниң энергетикилиқ характеристикиси

Мәйданниң энергетикилиқ характеристикиси *потенциал* дәп атилиду, у потенциаллиқ энергияниң жисим массисиға нисбити арқилиқ ениқлиниду:

$$\varphi = \frac{W_p}{m}. \qquad (4)$$

Бирхил гравитациялик мәйданда жисимниң потенциаллиқ энергияси $W_p = mgh$ формулиси билән ениқлиниду, демәк Йәр әтрапидики гравитациялик мәйдан чекитлириниң потенциали жисимниң Йәр бетидин көтирилиш егизлиги билән ениқлиниду:

$$\varphi = gh, \qquad (5)$$

буниңда h – әркин таллап елинидиған нөллүк потенциал дәрижисигә бағлиқ мәйдан чекитиниң егизлиги.

Бирхил әмәс мәйданниң потенциали икки өзгәрмә миқдарға: күчинишлик билән асман жисимиғичә бошлуқ чекитиниң арилиғиға бағлинишлиқ $R = R_a + h$. (3) вә (5) формулилири асасида тәкшүрүлидиған бошлуқ чекитигичә R арилиқни етиварға елип, төвәндики формулини алимиз:

$$\varphi = -gR = -\frac{GM_a}{R_a + h} \text{ яки } \varphi = -\frac{GM_a}{R} \qquad (6)$$

> **Жавави қандақ?**
> 1. *Немишкә жисимниң Йәргә қарап һәрикәтлиниши вақтида тартилиш күчиниң иши иҗабий болиду, Йәрдин жирақлиғанда – сәлбий?*
> 2. *Гравитациялик мәйдан потенциалини һесаплаш формулиси немишкә сәлбий бәлгүгә егә болиду?*
> 3. *Тартилиш күчи ишини һесаплашниң нәтиҗиси немишкә нөллүк потенциалға егә чекитләрни таллашқа бағлинишлиқ әмәс?*

Асман жисиминиң тартилиш күчини йеңиши үчүн энергия һаҗәт болғанлиқтин гравитациялик мәйданниң барлиқ чекитлирини сәлбий потенциаллиқ чекитләр дәп қобул қилиш келишилгән.

Бир-биридин чәксиз жирақ арилиққа жирақлашқан жисимларниң өз ара тәсирлишиш энергияси нөлгә тәң. Асман жисиминиң гравитациялик мәйданиниң қандақту бир чекитиниң потенциали – бу униң бошлуқтики мошу чекитигә киргүзүлгән бирлик масса жисими билән өз ара тәсирлишишиниң потенциаллиқ энергияси. Шуңлашқа, бошлуқниң асман жисимидин чәксиз жирақ арилиққа жирақлашқан чекитиниң потенциалини нөлгә тәң дәп санаш қобул қилинған. Асман жисимиға йеқинлашқан кичик космослуқ жисим гравитация мәйданиға, «потенциаллиқ чоңқурға» чүшиду. Кичик космослуқ жисим асман жисиминиң бетигә чүшиду.

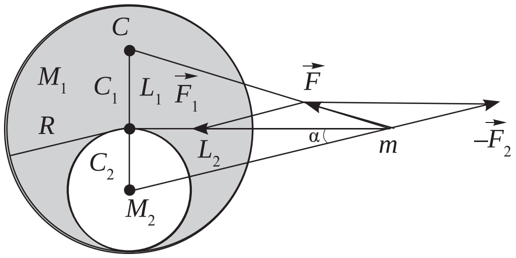
Бирхил әмәс гравитациялик мәйдан бошлуғиниң қандақту бир чекитидә жисимниң потенциаллиқ энергияси:

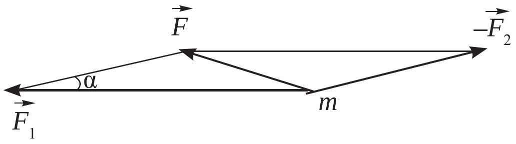
$$W_p = \varphi m \text{ яки } W = -\frac{GM_a m}{R} \qquad (7)$$

V. Бошлуғи бар жисимлар үчүн пүткүл аләмлик тарилиш қанунини қоллиниш

Бириниң бошлуғи бар жисимларниң өз ара тәсирлишиш күчлирини ениқлаш үчүн *(31, а-сүрәт)* сәлбий массилар усулини қоллинилиду. Әгәр жисимниң барлиқ һәҗимидә зичлиқ охшаш болса, у чағда бу усулни қоллинишқа болиду:

> **Жавави қандақ?**
> *Немишкә сәлбий массилар усулини пәқәт бирхил жисимларға пайдилинишқа болиду?*





31-сүрәт. *Бошлуғи бар җисимниң тартилиш күчини ениқлиғанда, сәлбий массилар усулини қоллиниш*

1. Пүткүл аләмлик тартилиш қанунини қоллинип, икки җисимни туташ дәп һесаплап, уларниң өз ара тәсирлишиш күчини ениқлайду: $F_1 = \dfrac{GM_1m}{L_1^2}$,

   буниңдики, M_1 – униң ичидики бошлуқни етиварға алмиғандики җисим массиси:

   $$M_1 = \rho V = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho,$$

   L_1 – массиси m җисим билән радиуси R шарниң еғирлиқ мәркизи арисидики арилиқ.
2. Бошлуқни җисимни тәшкил қилидиған мадда билән хиялән толтуруп, униң m массиси бар җисим билән өз ара тәсирлишиш күчини ениқлайду: $F_2 = \dfrac{GM_2m}{L_2^2}$,

   буниңдики, M_2 – радиуси r бошлуқни толтуридиған маддиниң массиси $M_2 = \rho \dfrac{4}{3}\pi r^3$, L_2 – массиси m җисим билән бошлуқни толтуридиған маддиниң еғирлиқ мәркизи арисидики арилиқ.
3. $\vec{F_1}$ вә $\vec{F_2}$ векторлириниң айримисини тепиңлар: $\vec{F} = \vec{F_1} - \vec{F_2}$

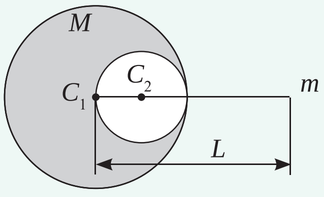
   Қараштурулуватқан шараитта нәтиҗилигүчи күчниң модулини косинуслар теоремиси бойичә ениқлайду (31, ә-сүрәт): $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$

Тәкшүрүш соаллири

1. Пүткүл аләмлик тартилиш қанунини тәриплəңлар.
2. Тартилиш күчи қандақ чекиткә чүширилгән?
3. Җисимниң инерциаллиқ вә гравитациялик массилири өз ара қандақ бағлинишиду?
4. Асман җисимлириниң гравитациялик мәйданини қандақ миқдарлар характерләйду?
5. Бирхил мәйданниң бирхил әмәс мәйдандин пәрқи немидә?

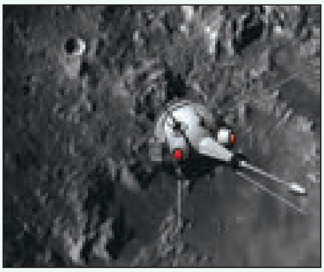
Көнүкмә 8

1. Массиси 33 *т* тошиғучи ракета массиси 410 *т* хәлиқарилиқ космос станциясигә йеқинлашти. Уларниң массилар мәркизи арисидики арилиқ 100 *м* болған вақиттики тартилиш күчини тепиңлар.
2. Марс бетидин қандақ жирақлиқта массиси 1000 *кг* Маринер-9 сәйярә арилиқ станциясиниң өз ара тәсирлишиш күчиниң мәнаси 1,78 *кН* болиду? Марсниң массиси $6{,}4 \cdot 10^{23}$ *кг,* радиуси 3400 *км*.
3. Йәр билән Айниң мәркәзлири арисидики оттура жирақлик 60 Йәр радиусиға тәң болиду, Айниң массиси Йәр массисидин 81 һәссә кичик. Йәр билән Айға охшаш күчләр билән тартилиши үчүн жисимни иккисиниң мәркизини қошидиған түзниң қайси чекитигә орунлаштурушқа болиду?
4. Ичидә радиуси $R/2$ сферилиқ тәкшилик орунлашқан бирхил шар билән массиси *m* кичик шари арисидики тартилиш күчини ениқлаңлар *(33-сүрәт)*. Бирхил шарниң радиуси R, массиси M, еғирлиқ мәркәзлири арисидики жирақлиқ L.



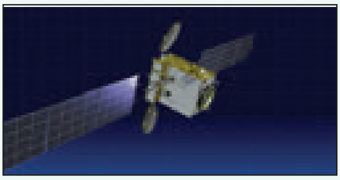
32-сүрәт. *4-һесапқа*

5. Байқоңур космодромидин 1959-жилниң 12-сентябридә «Восток-Л» ракетиси асманға учирилди. У Йәрниң сүнъий һәмрайи Айниң учуш траекториясигә сәйярә арилиқ «Луна-2» автомат станциясини чиқарди, у инсанийәт тарихида биринчи мәртә Айниң бетигә қонди. *(33-сүрәт)*. Сәйярә бетидин $R_Й$, $2R_Й$, $3R_Й$ жирақлиққа жирақлашқан вақитта сәйярә арилиқ автомат станциясигә тәсир қилидиған Йәрниң тартилиш күчи қанчә һәссә азийиду?



33-сүрәт. *5-һесапқа*

6. Йәрниң геостанционарлиқ орбитисидики гравитациялик мәйданниң потенциалини ениқлаңлар. Массиси 1,3 *т* болидиған *KazSat*-2 спутниклиқ алақә космос аппарати *(34-сүрәт)* қандақ потенциаллиқ энергиягә егә? Йәр бетидин орбитиғичә арилиқ 36000 *км,* Йәрниң массиси $6 \cdot 10^{24}$ *кг,* радиуси 6400 *км.*
7. Сүнъий Йәр һәмрайи Йәрниң әтрапида униң бетидин H жирақлиқта һәрикәтлиниду. Йәрниң радиуси $R_Й >> H$. Сүнъий Һәмрайиниң айлиниш периодини ениқлаңлар. Орбитини чәмбәр дәп қараштуруңлар.



34-сүрәт. *KazSat-2*

Ижадий тапшурма

Күн билән Күн системисиниң сәйярилири арисидики тартилиш күчини ениқлаңлар. Елинған нәтиҗиләрни анализ ясаңлар.

§ 9. Абсолют қаттиқ җисимниң инерция моменти

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

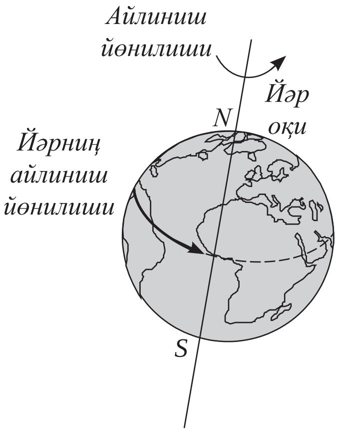
- *материялиқ җисимларниң инерция моментлирини һесаплаш үчүн Штейнер теоремисини қоллинишни үгинисиләр.*

I. Абсолют қаттиқ җисим

Һәрқандақ күчләрниң тәсиригә қаримай, җисим зәррилириниң арилиғи өзгәрмәй турақлиқ болуп қалса, у чағда бундақ җисимни *абсолют қаттиқ җисим* дәп атаймиз.

Күн системиси сәйярилириниң айланма һәрикитини характерләйдиған миқдарларни йеқинлаштуруп алғанда, уларни абсолют қаттиқ җисим дәп қобул қилишқа болиду *(35-сүрәт)*.

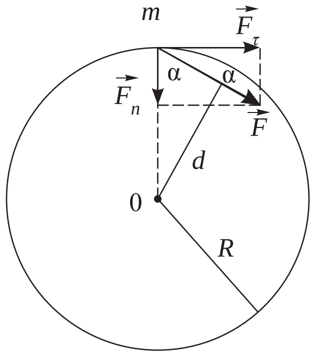
Абсолют қаттиқ җисимниң айланма һәрикити толуғи билән вә униң һәрбир чекити айрим кинематикилиқ булуңлуқ миқдарларни: булуңлуқ иштикләш, булуңлуқ илдамлиқ, булуңлуқ йөткилиш, шуниң билән биллә динамикилиқ: күч моменти, инерция моменти вә импульс моменти характерләйду.



35-сүрәт. *Өз оқиниң әтрапида айлинидиған абсолют қаттиқ җисим*

II. Материялиқ чекитниң инерция моменти. Айланма һәрикәт үчүн Ньютонниң II қануни

Айланма һәрикәт ясайдиған материялиқ чекитниң инерциаллиқ хусусийәтлири пәқәт массиға әмәс, шуниң билән биллә айлиниш радиусиға бағлинишлиқ *(36-сүрәт)*.



36-сүрәт. *Айлиништики җисимниң инерциаллиқ хусусийәтлири масса билән айлиниш радиусиға бағлинишлиқ*

Мошуни испатлайли. $\vec{F}$ күчниң тәсиридин чәмбәр бойи билән һәрикәтлинидиған массиси m чекит үчүн Ньютонннниң II қанунини язайли, тангенциал иштикләшни F_τ қураштурғучиниң траекториясигә қарап яндашма ясайду:

$$ma_\tau = F_\tau \qquad (1)$$

Тангенциал иштикләш булуңлуқ иштикләш ε билән төвәндики формула арқилиқ бағлинишқан:

Җавави қандақ?

Күчниң нормал тәшкил қилғучиси немә үчүн айланма моментини пәйда қилмайду?

Әскә чүшириңлар!

Күч моменти – күчни униң күч мурисигә көпәйткәнгә тәң:

$$M = F \cdot d$$

Күч муриси – айлиниш оқидин күч тәсир қиливатқан сизиққичә болған әң қисқа арилиқ.

$$a_\tau = \varepsilon R. \qquad (2)$$

(2) арқилиқ (1) тәңлимини язғанда, у төвәндики түргә келиду:

$$m\varepsilon R = F_\tau. \qquad (3)$$

(3) тәңлиминиң икки тәрипидә қараштурулуватқан чекитни һәрикәтлинидиған чәмбәрниң радиусиға көпәйтимиз:

$$m\varepsilon R^2 = M, \qquad (4)$$

буниңдики M – күч моменти.

Күч моментиниң өлчәм бирлиги $[M] = 1$ *Н·м*

mR^2 – инерция моменти.

Массиниң жисим һәрикәт ясаватқан чәмбәр радиусиниң квадратиниң көпәйтиндисигә тәң өлчәмни инерция моменти дәп атайду: $I = mR^2$

1-тапшурма

Айнилиштики абсолют қаттиқ жисимниң һәрбир чекитигә тәсир қилидиған күч мурисиниң радиуси болидиғанлиғини испатлаңлар: $d = R$

Җавави қандақ?

Чәмбәр бойичә һәрикәтни характерләйдиған қандақ миқдарлар бойичә әгирлик радиусини һесаплашқа болиду?

I – инерция моментиниң бәлгүлиниши, униң өлчәм бирлиги: $[I] = 1$ *кг·м*^{2}.

(5) формулини (4) формулиға қоюп, айланма һәрикәт үчүн Ньютонниң иккинчи қанунини алимиз: $M = I\varepsilon$.

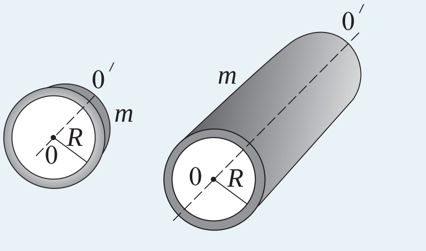
III. Абсолют қаттиқ жисимниң инерция моменти

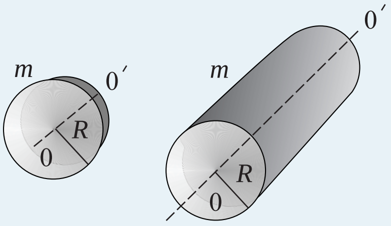
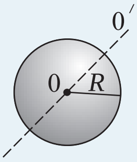
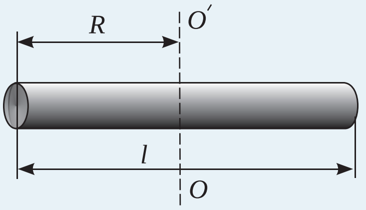
Қаттиқ жисимниң инерция моменти мошу жисимни тәшкил қилидиған материялиқ чекитләрниң инерция моментлириниң қошундисиға тәң:

$$I = \sum_{i=1}^{n} m_i \cdot R_i^2$$

Айлинидиған жисимларниң инертлиқ хусусийәтлири пәқәт массиға әмәс, шуниң билән биллә униң жисим һәҗими бойичә тарилишиға, айлиниш радиусиға бағлинишлиқ, массилар мәркизи арқилиқ өтидиған оқ әтрапида айлинидиған бирнәччә геометриялик фигурилар үчүн инерция моментини һесаплаш формулилири 6-җәдвәлдә берилгән.

6-җәдвәл. *Массилар мәркизиниң әтрапида айлинидиған жисимларниң инерция моментлири*

Жисимниң шәкли		Инерция моментини һесаплаш формулиси
Непиз төңгә, непиз цилиндр		$I = mR^2$

Жисимниң шәкли		Инерция моментини һесаплаш формулиси
Туташ диск, туташ цилиндр		$I = \frac{mR^2}{2}$
Туташ шар		$I = \frac{2}{5}mR^2$
Инчикә стержень		$I = \frac{1}{12}ml^2 = \frac{1}{3}mR^2$

2-тапшурма

7-җәдвәлдики формулиларни пайдилинип, массилири охшаш, шәкиллири һәрхил җисимларниң инерция моментлирини селиштуруңлар. Немә сәвәптин массилири охшаш болғанда, кавак цилиндрниң инерция моменти пүтүн цилиндрниң инерция моментидин чоң. Тәңгиниң инерция моменти дискиниң инерция моментидин чоң болидиғинини чүшәндүрүңлар.

IV. Штейнер теоремиси

Әгәр җисим үчүн массилар мәркизи арқилиқ өтидиған оққа бағлиқ инерция моменти бәлгүлүк болса, у чағда мәркәзлик оққа параллелель һәрқандақ оққа бағлинишлиқ инерция моментини швейцариялик алим-математик Штейнер алған формула бойичә тепишқа болиду:

$$I_2 = I + md^2,$$

буниңдики d – массилар мәркизидин айлиниш оқиғичә болған арилиқ. Стерженьниң айлиниш оқини дәсләпки җайлишишидин $d = \frac{1}{4}l$ жирақлиққа қозғайлуқ, у чағда:

$$I_2 = \frac{1}{12}ml^2 + m\frac{1}{16}l^2 = \frac{7}{48}ml^2.$$

Җавави қандақ?

1. *Җисимниң массилар мәркизи арқилиқ өтидиған оққа нисбәтән инерция моменти мошу йөнилиштики оқларға бағлинишлиқ җисимниң барлиқ инерция моментлириниң ичидики әң кичиги дәп ейтишқа болиду?*
2. *Айлиниш оқи массилар мәркизигә нисбәтән орнидин силҗиғанда немишкә стерженниң инерция моменти өсиду?*

V. Айлинидиған җисимниң энергияси

$\upsilon = \omega R$ булуңлуқ илдамлиқ билән айлинидиған абсолют қаттиқ җисимниң кинетикилиқ энергиясини ениқлайли:

$$W_{айн} = \sum_{i=1}^{n} \frac{m_i \upsilon_i^2}{2} = \sum_{i=1}^{n} \frac{m_i \omega_i^2 R_i^2}{2},$$

Җисимни тәшкил қилидиған барлиқ чекитләрниң инерция моментлириниң қошундиси төвәндикигә тәң:

$$I = \sum_{i=1}^{n} m_i R_i^2$$

Мошуниңға охшаш, чәмбәр бойи билән айлинидиған материялиқ чекитниң энергиясини төвәндики формула билән ениқлаймиз:

$$W_{айн} = \frac{I\omega^2}{2}.$$

Илгирилимә һәрикәт билән биллә айлинидиған һәрикәт ясайдиған җисимниң кинетикилиқ энергияси төвәндикигә тәң:

$$W = W_{илг} + W_{айн} = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}.$$

Мәсилән, домулаштики обруч яки чақниң толуқ энергияси төвәндикигә тәң:

$$W = W_{илг} + W_{айн} = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{mR^2\upsilon^2}{2R^2} = m\upsilon^2.$$

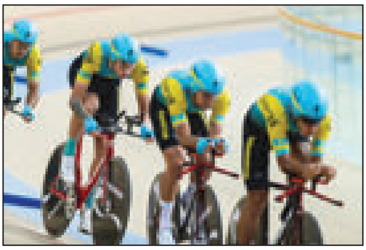
Елинған мәнаси мошундақ массиси бар җисимниң кинетикилиқ энергиясидин икки һәссә ошуқ болиду.

3-тапшурма

Өзиниң учи әтрапида айлинидиған стерженьниң инерция моментини ениқлаңлар. Инерция моменти массилар мәркизи әтрапида айлинидиған стерженниң инерция моментиға нисбәтән нәччә һәссигә ашиду?

4-тапшурма

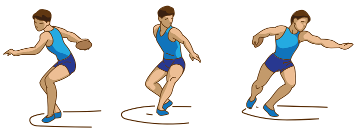
Абсолют қаттиқ җисимниң инерциялиқ хусусийәтлирини пайдилинишқа мисаллар кәлтүрүңлар.



37-сүрәт. *«Сарыарқа» велотрегидә өткән мусабиқә*

Җавави қандақ?

1. *Мусабиқигә қатнашқучиларниң велосипедлириниң чақлириниң орниға немишкә диск орнитилиду (37-сүрәт)?*
2. *Абсолют қаттиқ җисимларниң барлиқ чекитлири үчүн айланма һәрикәтниң кинетикилиқ энергиясини һесаплиғанда, немишкә булуңлуқ илдамлиқниң пәқәт бирла мәнасини пайдилинилиду?*
3. *Абсолют қаттиқ җисимларниң қандақ чекитлири бирдәк сизиқлиқ илдамлиқ билән һәрикәтлиниду?*



38-сүрәт. *Диск ташланғичә диск ташлиғучиниң айлиниши*

Җавави қандақ?

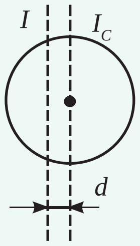
1. *Немә сәвәптин волейбол оюнчиси поңзәкни ташлиғанда, илгирилимә һәрикәт билән қатар айланма һәрикәтни пайдилинилиду?*
2. *Немишкә диск ташлиғучи дискини ташлаштин бурун айланма һәрикәт ясайду? (38-сүрәт)?*

Тәкшүрүш соаллири

1. Қандақ жисимни абсолют қаттиқ жисим дәп атайду?
2. Жисимниң айланма һәрикитини характерләйдиған миқдарларни атаңлар.
3. Қандақ миқдарни күч моменти дәп атайду? Инерция моменти дегән немә?
4. Штейнер теоремисиниң мәнаси?
5. Айланма һәрикәтниң энергияси билән инерция моменти өз ара қандақ бағлинишқан?

Көнүкмә 9

1. Илдамлиғи нөлдин 1,4 *м/сек*-қа өзгәргән вақитта радиуси 10 *см* болған чәмбәр бойи билән айлинидиған, массиси 200 *г* жисим үчүн инерция моменти немигә тәң? Булуңлук илдамлиқниң оттура мәнасини ениқлаңлар.
2. Йолниң радиуси 20 *м* айлинидиған бөлигидә массиси 2 *т* автомобильни иштиклигән һәрикәткә кәлтүридиған күч моментини ениқлаңлар. Автомобильниң булуңлук илдамлиғи 0,05 *рад/сек*.
3. Айниң өз оқини айлиниш энергиясини етиварға алмай, униң инерция моменти билән кинетикилиқ энергиясини ениқлаңлар. Орбитиниң радиусини 384000 *км,* Айниң массисини $7 \cdot 10^{22}$ *кг,* Йәрниң айлиниш периодини 27,3 *тәвлүк* дәп елиңлар.
4. Янту тәкшилик бойичә серилмай массиси 2 *кг* диск 4 *м/сек* илдамлиқ билән дүгиләп кетип бариду. Униң кинетикилиқ энергиясини ениқлаңлар.
5. Массиси 4,08 *кг* туташ полат шарниң массилар мәркизи арқилиқ өтидиған оқ бойи билән айлиниш вақтидики инерция моментини ениқлаңлар *(39-сүрәт)*. Әгәр оқ бойи билән 2 *см* параллель қозғилидиған болса, инерция моменти немигә тәң? Полатниң зичлиғи 7800 $кг/м^3$.



39-сүрәт
5-һесапқа

Экспериментлиқ тапшурма

Чақлириниң радиуси һәрхил болған икки велосипедниң тормоз бериш йолини селиштуруңлар. Қайси чақларниң инерцияси көпәрәк болиду?

Ижадий тапшурма

«Маховикни пайдилиниш тарихидин» мавзусиға әхбарат тәйярлаңлар.

§ 10. Импульс моменти. Импульс моментиниң сақлиниш қануни вә униң бошлуқ хусусийәтлири билән бағлинишлиғи. Айланма һәрикәт динамикисиниң асасий тәңлимиси

Күтүлидиған нәтиҗә

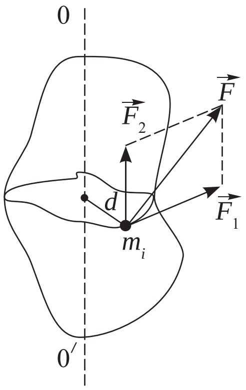
Параграфни өзләштүргәндә:

- *һесапларни чиқиришта айланма һәрикәт динамикисиниң асасий тәңлимилирини һәр түрлүк шәкилләрдә пайдилинишни үгинисиләр;*
- *илгирилимә вә айланма һәрикитини тәсвирләйдиған физикилиқ миқдарларни мувапиқлаштурушни үгинисиләр.*

Тапшурма

Массиси 200 *г* җисим үчүн инерция моменти билән импульс моментиниң чапсанлиғи 2 *Гц* болидиған айлиниш радиусиға бағлиниш графигини бир координатилиқ тәкшиликтә сизиңлар.

Инерция моменти билән импульс моменти айлиниш радиусиға қандақ бағлиништа?



40-сүрәт. *00′ оқини айлинидиған абсолют қаттиқ җисим*

I. Материялиқ чекитниң айланма һәрикити үчүн Ньютонниң иккинчи қануни. Инерция моменти билән импульс моментиниң өз ара бағлиниши

Ньютоннниң иккинчи қанунини импульслуқ түрдә язайлуқ:

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = \frac{\Delta(m\vec{\upsilon})}{\Delta t}. \qquad (1).$$

Тәңлиминиң икки тәрипини чәмбәр радиусиға көпәйтип, төвәндикини алимиз:

$$\vec{F}R = \frac{\Delta(m\vec{\upsilon})}{\Delta t}R \text{ яки } M = \frac{\Delta m\upsilon R}{\Delta t}. \qquad (2).$$

$m\vec{\upsilon}R$ ипадисини импульс моменти L дәп атайду:

$$L = m\upsilon R. \qquad (3).$$

Җисимниң һәрикәтлиниватқан чәмбәр радиусиниң җисим импульсиға көпәйткәнгә тәң миқдарни импульс моменти дәп атайду.

Импульслуқ түрдә йезилған иккинчи қанун төвәндики түргә келиду:

$$M = \frac{\Delta L}{\Delta t}.$$

Импульс моменти билән инерция моменти арисидики нисбитини ениқлайлуқ. Униң үчүн сизиқлиқ илдамлиқниң булуңлуқ илдамлиқ билән бағлинишини $\upsilon = \omega R$ пайдилинимиз, (3) формулидин:

$$L = m\upsilon R = m\omega R^2 = I\omega$$

яки

$$L = I\omega \qquad (4)$$

импульс моменти инерция моментиға тоғра пропорционал.

II. Айлинидиған абсолют қаттиқ җисим үчүн Ньютонниң иккинчи қануни яки айланма һәрикәт үчүн динамикиниң асасий тәңлимиси

Айлинидиған абсолют қаттиқ җисимни массиси m вә 00′ оқиниң әтрапида айлинидиған материялиқ чекитләрниң жиғиндиси ретидә караштурушқа болиду *(40-сүрәт)*.

Абсолют қаттиқ жисимниң барлиқ чекитлириниң булуңлуқ илдамлиғи билән иштикләшлири бирдәк. Қараштуруп турған шараит үчүн Ньютонниң иккинчи қанунини язайли:

$$\sum_{i=1}^{n} M_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i \Delta\omega}{\Delta t} \qquad (5)$$

Ипадиниң иккинчи бөлиги жисимға чүширилгән ташқи күчләр моментлириниң қошундисини бериду:

$$M = \sum_{i=1}^{n} M_i \,. \qquad (6)$$

(5) тәңлиминиң оң тәрипидики чекитләрниң инерция моментиниң қошундисини $\sum_{i=1}^{n} I_i$ жисимниң инерция моментиға I авуштурайлуқ.

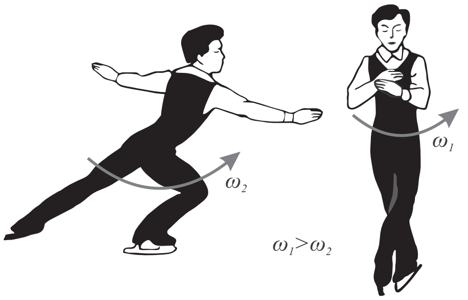
(6) тәңлимини етиварға алсақ, айлинидиған абсолют қаттиқ жисим үчүн Ньютонниң иккинчи қануни төвәндики түрдә болиду:

$$M = I\frac{\Delta\omega}{\Delta t} \text{ яки } M = I\varepsilon \,.$$

Абсолют қаттиқ жисимниң айланма һәрикити үчүн Ньютонниң иккинчи қанунини тәрипләйлуқ:

Җавави қандақ?

Фигуристка қоллирини мәйдисигә жиққан вақтида, униң айлиниш илдамлиғи немишкә ашиду? (41-сүрәт)



41-сүрәт. *Айлиниш техникиси*

Жисимға чүширилгән ташқи күчләр моментлириниң қошундиси жисимниң инерция моментиниң булуңлуқ иштиклишигә көпәйткәнгә тәң болиду.

Җавави қандақ?

1. *Өз оқида айлинидиған һәҗими чоң жисим үчүн Ньютонннниң иккинчи қануни немишкә булуңлуқ миқдарлар арқилиқ йезилиду?*
2. *Абсолют қаттиқ жисимға $\vec{F}_2$ күчниң тәшкил қилғучиси қандақ тәсир қилиду (41-сүрәт)?*

Бу қизиқ!

Йәр бетидә су пәйда болмастин бурун тәвлүк пәқәт 5–6 саатқа созулған. Айниң тартилиши нәтиҗисидин океандики суларниң көтирилиши бизниң сәйяримизниң суткилиқ айлинишини азайтти.

Нәзәр селиңлар!

Айланма һәрикәт вақтида ички күчләрниң иши системиниң айлиниш илдамлиғи билән энергияниң өзгиришигә елип келиду, мундақ өзгириш жисимларниң илгирилимә һәрикити вақтида мүмкин әмәс.

Әгәр системиниң жисимлири, болмиса бир жисимниң қисимлири айлиниш оқиға йеқинлашса, у чағда системиниң кинетиклиқ энергияси ашиду.

Бу шараитта ички күчләр жисимларни айлиниш мәркизидин жирақлитишқа тиришидиған мәркәздин тәпкүчи күчләргә қарши иҗабий иш орунлайду. Жисимлар айлиниш мәркизидин жирақлиғанда, системиниң энергияси билән айлиниш илдамлиғи азийиду.

III. Импульс моментиниң сақлиниш қануни вә униң бошлуқ хусусийәтлири билән бағлинишлиғи

Җисимға материялик чекитләр жиғиндиси охшаш ташқи күчләр тәсир қилмиса, җисимни туюқ система дәп қарашқа болиду, у чағда униңға тәсир қилидиған күч моментлириниң қошундиси M нөлгә тәң. Айлинидиған җисим үчүн Ньютонниң иккинчи қанунини импульслуқ түрдә язайлуқ:

$$M = \frac{\Delta L}{\Delta t} = 0 \,. \qquad (7)$$

(7) тәңлимидин импульс моменти – турақлиқ миқдар екәнлиги, импульс моментиниң өзгириши нөлгә тәң екәнлиги келип чиқиду $\Delta L = 0$:

$$L = I\omega = \text{const}. \qquad (8)$$

яки

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2 \qquad (9)$$

Елинған (8) вә (9) тәңлимилири импульс моментиниң сақлиниш қанунини тәрипләйду.

Туюқ системида айлинидиған җисимларниң импульс моменти турақлиқ миқдар болуп қалиду.

Импульсниң сақлиниш қануни бизни қоршиған бошлуқниң изотроплиғи билән бирхиллиғиниң ақивети болуп тепилиду.

Бирхил бошлуқниң һәрбир чекитидә тәбиәт қанунлириниң охшаш орунлинидиғанлиғини, уларниң охшаш түргә егә екәнлигини билдүриду. Бошлуқниң изотроплиғи униң хусусийәтлириниң йөнилишигә бағлиқ әмәс екәнлигини билдүриду. Қаттиқ җисим қандақ йөнилиштә айналсиму, униң импульс моменти пәқәт инерция моменти вә булуңлуқ илдамлиқ арқилиқ ениқлиниду. Җисимниң деформциялиниши нәтиҗисидә инерция моментиниң өзгириши булуңлуқ илдамлиқниң өзгиришигә елип келиду. Шуниңға қаримастин импульс моменти турақлиқ миқдар болуп қалиду.

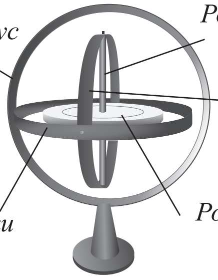
IV. Гироскоп

Айлинидиған җисимларниң гироскопиялик эффектиниң мәнаси – бошлуқта җисимларниң айлиниш оқлириниң йөнилишиниң сақлинишида, бу – материяниң инертлик хусусийәтлириниң көрүнүшидур.

Гироскопиялик эффектни автомобильларда бошлуқта йөнилишни ениқлаш үчүн қоллинилиду. Асасий элементи чапсан айлинидиған ротор болуп тепилидиған навигациялик әсвап гироскоп дегән атқа егә болған *(42-сүрәт)*. *Гироскоп* (грек тилидин *gyreuo* – айлинимән вә *skopeo* – күзитимән дегән мәнани билдүриду) роториниң тәәллуқ бәкиткүчисиниң нәтиҗисидә үч әркинлик дәриҗигә егә.

Әгәр мундақ түзүлмигә ташқи күчләр тәсир қилса, у чағда роторниң өз оқида айлиниши

а)



ә)

42-сүрәт. *Гироскопниң түзүлүши*

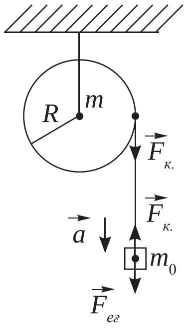
бошлуқта турақлиқ йөнилишини сақлайду, сәвәви бәкиткүч униң айлиниш оқиға анчә көп тәсир қилмайду.

Күн системисиниң сәйярилири гигант гироскоплар болуп тепилиду. Йәр вә Күн системисиниң башқа сәйярилириниң айлиниш оқи миңлиған жиллар бойи бошлуқта өз йөнилишини сақлап кәлмәктә.

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Массиси m вә радиуси R туташ диск түридики блокқа жип оралған, у жипниң учиға массиси m_0 жүк илинған. m_0 жүкиниң һәрикәтинидиған сизиқлиқ иштиклишини тепиңлар. Оқ билән сүркилиш йоқ, жип салмақсизлиқ һаләттә болиду.

Берилгини:	**Йешилиши:**
m, R, m_0	Һесапниң шәрти бойичә массиси m_0 жүк a иштикләш билән илгирлимә һәрикәттә, массиси m блок ε булуңлуқ илдамлиқ билән айланма һәрикәт ясайду *(сүрәтни қара)*.
a – ?	



Векторларниң йөнилишини етиварға елип, етилған җисимлар үчүн Ньютонниң иккинчи қанунини язайли:

$$m_0 g - F_{к.} = m_0 a \qquad (1)$$

$$F_{к.} R = I\varepsilon \qquad (2)$$

Тангенциал иштикләшниң $a = \varepsilon R$ булуңлуқ илдамлиқ билән бағлинишини етиварға елип, төвәндикини алимиз:

$$m_0 g - F_{к.} = m_0 a; \ F_к R = I\frac{a}{R}.$$

иккинчи $F_к = I\dfrac{a}{R^2}$ тәңлимидин тартилиш күчини ипадиләп, биринчи тәңлимигә қойимиз $m_0 g - I\dfrac{a}{R^2} = m_0 a$, шу чағда жүкниң иштиклишини һесаплашқа арналған формулини алимиз: $a = \dfrac{m_0 g}{\dfrac{I}{R^2} + m_0}$.

Блок туташ дискиға охшаш, униң инерция моменти $I = \dfrac{mR^2}{2}$ -тәң, демәк: $a = \dfrac{2m_0}{m + 2m_0} g$.

Җавави: $a = \dfrac{2m_0}{m + 2m_0} g$

Тәкшүрүш соаллири

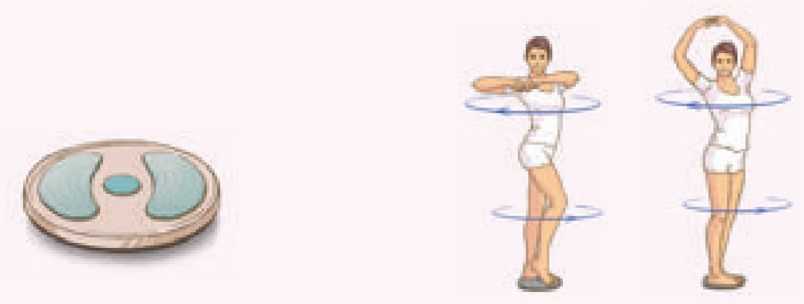
1. Қандақ миқдарни импульс моменти дәп атайду?
2. Айлинидиған абсолют қаттиқ җисим үчүн Ньютонниң иккинчи қанунини тәрипләңлар.
3. Импульс моментиниң сақлиниш қанунини? У қандақ шараитта орунлиниду?
4. Гироскоп дегән немә? У қәйәрдә пайдилинилиду?

Көнүкмә 10

1. Янту тәкшиликтә радиуси 2 *м* болған чәмбәр бойи билән 2π *рад/сек* булуңлук илдамлиқ билән айлинидиған массиси 0,1 *кг* жисимниң импульс моментини ениқлаңлар.
2. Янту тәкшиликтә радиуси 2 *м* болған чәмбәр бойи билән 2π *рад/сек* булуңлук илдамлиқ билән айлинидиған массиси 0,1 *кг* жисимниң импульс моментини бир айлиништа икки һәссә ашуридиған күч моментини ениқлаңлар.
3. Жисим чәмбәр бойи билән $\varphi = 30°$ орун йөткигәндә, 3,14 *Дж* иш ясиған күч моментини ениқлаңлар.
4. Массилири 0,2 *кг* вә 0,1 *кг* болған икки гир ташлири жип билән бағлинип вә массиси 0,1 *кг* блок арқилиқ ташланди. Гир ташлириниң иштикләшлирини, жипниң тартилишини ениқлаңлар. Блокни биртуташ диск дәп һесаплаңлар. Сүркилишни етиварға алмаңлар.
5. Массиси 9 *кг* болған барабанға жип оралған, униң учиға массиси 2 *кг* жүк бағланған. Жүкниң һәрикәт иштиклишини ениқлаңлар. Барабанни биртуташ цилиндр дәп қобул қилип, сүркилишни етиварға алмаңлар.

Экспериментлиқ тапшурма

Тән саламәтлик үчүн айлиниш дискини пайдилинип, импульс моментиниң сақлиниш қанунниниң орунлишини тәкшүрүңлар *(43-сүрәт).*



43-сүрәт. *Тән саламәтлик диски*

Ижадий тапшурма

1. Илгирилимә вә айланма һәрикәт тәңлимилириниң охшашлиқ жәдвилини қураштуруңлар.
2. Әхбарат тәйярлаңлар: «Гироскопларни кемә қатнашлирида, авиациядә вә космос саһасида пайдилиниш».

2-бапниң йәкүни

Ньютонниң I қануни	Ньютонниң II қануни	Ньютонниң III қануни
$\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = 0$ $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... + \vec{F}_n = 0$ $a = 0, \upsilon = const$	Илгирилимә һәрикәт үчүн $\vec{F} = m\vec{a}$; $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ Айланма һәрикәт үчүн $M = I\varepsilon$; $M = \frac{\Delta L}{\Delta t}$	$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$
Пүткүл аләмлик тартилиш қануни		
Бир-биридин бәлгүлүк арилиқта орунлашқан җисимлар үчүн $F = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$	Башқа җисимниң бетидә орунлашқан җисим үчүн $F = mg$	Башқа җисимниң ичигә орунлашқан җисим үчүн $F = \frac{4}{3}\pi G\rho mR$

Динамика қанунлири:

Ньютонниң I қануни: Әгәр җисимға күчләр тәсир қилмиса яки күчләрниң тәсирлири тәңләштүрүлгән болса, у чағда системиға нисбәтән җисим течлиқ һалитини сақлап қалидиған яки түз сизиқлиқ вә бирхил һәрикәт ясайдиған инерциаллиқ санақ системилири можут.

Ньютонниң II қануни: Иштикләш билән һәрикәтдиған җисимниң иштиклиши униңға тәсир қилидиған тәң тәсирлик күчкә тоғра пропорционал,җисимниң массисиға әкси пропорционал.

Абсолют қаттиқ җисимниң айланма һәрикити үчүн Ньютонниң II қануни: Җисимға чүширилгән ташқи күчләр моментлириниң қошундиси җисимниң инерция моментини булуңлуқ иштикләшкә көпәйткәнгә тәң болиду.

Ньютонниң III қануни: Җисимлар модули бойичә тәң, йөнилиши бойичә қариму-қарши күчләр билән өз ара тәсирлишиду. Улар тәбиити бойичә охшаш күчләр, йәнә һәр түрлүк җисимларға чүширилгән вә бир түз сизиқниң бойида тәсир қилиду.

Импульс моментиниң сақлиниш қануни: Туюқланған системида айлинидиған җисимларниң импульс моменти турақлиқ миқдар болуп қалиду.

Глоссарий

Абсолют қаттиқ җисим – башқа җисимлар билән өз ара тәсирлишиши вақтида деформациялинишини етиварға алмашқа болидиған җисим.

Динамика – җисимға тәсир қилидиған күчләрниң тәсиридин болидиған һәрикәтни қараштуридиған механикиниң бөлүми.

Импульс моменти – бу җисим һәрикәт ясаватқан чәмбәр радиусини җисим импульсиға көпәйткәндә келип чиқидиған миқдар.

Инерция күчи – җисим массисини санақ системисиниң иштиклишигә көпәйткәнгә тәң миқдар. У җисимға чүширилгән вә системиниң иштиклишигә қариму-қарши болидиған йөнилишкә қарап йөнәлгән.

Инерция моменти – бу массини җисимниң һәрикәт ясаватқан радиусиниң квадратиға көпәйткәндә келип чиқидиған миқдар.

Ички күчләр – туюқ система җисимлири арисидики өз ара тәсир қилғучи күчләр.

Күч моменти – күчни униң күч мүрисигә көпәйткәндә келип чиқидиған миқдар.

МЕХАНИКА

1

3-БАП

СТАТИКА

Статика (грек тилиниң στατός *тәңпуңлук тоғрилиқ илим* сөзидин чиқ-қан) – материялик җисимларниң күч тәсиридин болидиған тәңпуңлук һалитини оқуп-үгитидиған механика бөлүми

Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:

- абсолют қаттиқ җисим билән материялиқ җисимлар системисиниң массилар мәркизини ениқлаш;
- Һәрқандақ тәңпуңлук түрлирини чүшәндүргән вақитта бағлинишлар-ниң сәвәвини орнитиш;
- тәҗрибилик йол билән күч миқдарлирини ениқлашни вә күчләрни қо-шуш қанунлирини экспериментлиқ түрдә тәкшүрүшни үгинисиләр.

§ 11. Массилар мәркизи

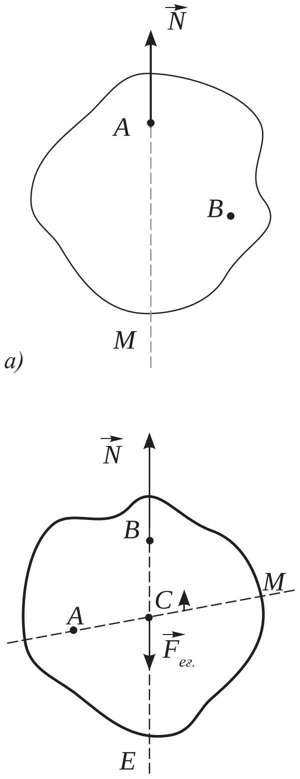
Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *абсолют қаттиқ җисим билән материялиқ җисимлар системисиниң массилар мәркизини ениқлашни үгинисиләр.*

1-тапшурма

44-сүрәт бойичә җисимниң еғирлиқ мәркизини ениқлаш усулини чүшәндүрүңлар.



44-сүрәт. *Тик түз бойичә җисимниң еғирлиқ мәркизини ениқлаш*

I. Җисимниң массилар мәркизи билән еғирлиқ мәркизи

Силәргә массилар мәркизи билән еғирлиқ мәркизи чүшәнчилири 7-синипниң курсидин тонуш.

Еғирлиқ мәркизи дәп һәрқандақ шараитта җисимға тәсир қилидиған еғирлиқ күчиниң чүшидиған чекитини атайду.

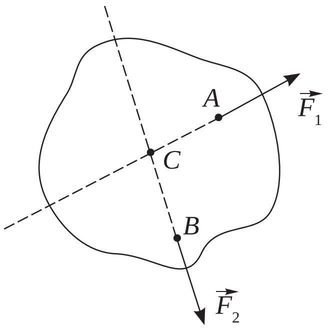
Массилар мәркизи – бу җисимни илгирилимә һәрикәткә кәлтүридиған күчләрниң тәсир қилиш сизиқлириниң кийлишиш чекити.

*Еғирлиқ мәркизи Йәрниң бетидә болидиған барлиқ өз ара тәсирлишишләрдә массилар мәркизи билән охшаш болиду, сәвәви барлиқ җисимл*арниң өлчәмлири Йәрниң өлчәмлиригә қариғанда бирнәччә һәссә кичик болиду.

Еғирлиқ күчиниң тәсиридин җисим илгирилимә һәрикәтлиниду, җисимниң барлиқ чекитлири бирдәк орун йөткәйду.

Өз тәҗрибәңлар

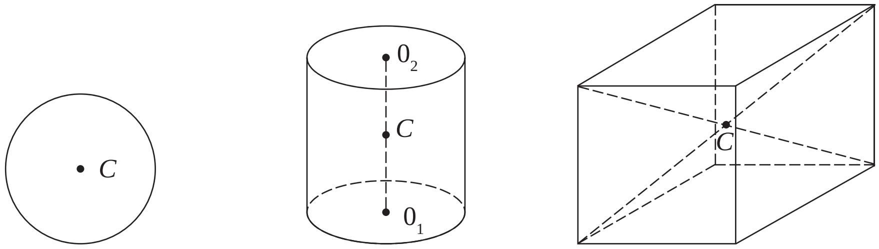
1. Қараштурулуватқан усул бойичә тоғра әмәс шәклидики җисимниң еғирлиқ мәркизини ениқлаңлар.
2. Тәҗрибиниң қоюлушини өзгәртип *(45-сүрәт)*, шу җисимниң массилар мәркизини ениқлаңлар.
3. Җисимниң массилар мәркизини ениқлашқа беғишланған тәҗрибиниң қоюлушида немини өзгәртиш һаҗәт болди?
4. Немишкә массилар мәркизи еғирлиқ мәркизи билән дәл келиду?



45-сүрәт. *Җисимниң массилар мәркизини ениқлаш*

Тоғра шәклидики җисимниң еғирлиқ мәркизи униң симметрия мәркизигә дәл болидиғанлиғини есимизға алайли. Шар, төңгә, диск үчүн бу уларниң геометриялик мәркизи *(46, а-сүрәт)*, цилиндр билән труба үчүн оқларниң оттуриси *(46, ә-сүрәт)* болуп тепилиду. Куб, төртбулуңлуқ параллелепипед үчүн симметрия мәркизи – диагональларниң қийилишиш чекити *(46, б-сүрәт)*.

Җисимниң бирнәччә күчниң тәсиридин болидиған һәрикитини тәкшүрүп, биз уларни җисимниң барлиқ массиси жиғилған материялик чекиткә авуштурдуқ, мошу чекит массилар мәркизи болуп тепилиду.



46-сүрәт. *Тоғра шәклидики фигуриларниң массилар мәркизи уларниң геометриялик мәркизидә орунлашқан*

II. Абсолют қаттиқ җисимниң айланма һәрикитиниң шәрти

Бизни қоршиған җисимлар илгирилимә һәрикәт билән биллә айланма һәрикәт ясайду. Әгәр җисимға чүширилгән күчниң тәсир қилиш сизиғи яки болмиса барлиқ күчләрниң тәңпуңлуқ күчи җисимниң массилар мәркизи арқилиқ өтсә, у чағда җисим илгирилимә һәрикәт ясайдиғини мәлум.

Тәсир қилиш сизиғи җисимниң массилар мәркизи арқилиқ өтмигән һаләттә күчниң тәсиридин җисим айланма һәрикәт ясайду.

Имарәт, көрүк вә башқиму курулғиларға һәр түрлүк тәбиәт күчлири билән биллә техникилиқ күчләр тәсир қилиду, шуниңға қаримастин, улар өзлириниң теч һалитини сақлиши керәк. Теч һаләттики җисимлар тоғрилиқ улар тәңпуңлуқ һаләттә туриду дәп ейтиду. Абсолют қаттиқ җисимларниң тәңпуңлуғини тәкшүрәйдиған механикиниң бөлүмини *статика* дәп атайду.

Әстә сақлаңлар!

Тәсир қилиш сизиғи җисимниң массилар мәркизи арқилиқ өтмәйдиған күчниң тәсиридин җисим айланма һәрикәт ясайду.

III. Абсолют қаттиқ җисимниң тәңпуңлуқ шәртлири

1) Җисим икки шәрт орунланғанда, тәңпуңлуқ һаләттә болиду:

Җисимға чүширилгән ташқи күчләрниң қошундиси нөлгә тәң:

$$\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i \text{ яки } \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n = 0 . \qquad (1)$$

Җавави қандақ?

1. *Тәсир қилиш сизиғи җисимниң еғирлиқ мәркизи арқилиқ өтмәйдиған күч немишкә җисимни айландуриду?*
2. *Немишкә узун стерженьни бир учидин тутушқа қариғанда, уни горизонтал һаләттә оттурисидин тутқан оңай?*

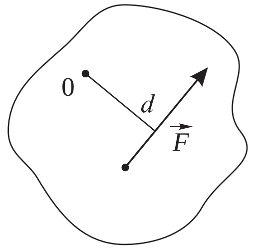
Таллап елинған оқларға проекция ясиғанда (1) ипадә төвәндики түргә келиду:

$$F_{1x} + F_{2x} + \ldots + F_{nx} = 0,$$
$$F_{1y} + F_{2y} + \ldots + F_{ny} = 0,$$
$$F_{1z} + F_{2z} + \ldots + F_{nz} = 0.$$

2*) Һәрқандақ айлинидиған оққа нисбәтән жисим*ға тәсир қилидиған барлиқ ташқи күч моментлириниң қошундиси нөлгә тәң*:*

$$\sum_{i=1}^{n} M_i = 0 \text{ яки } M_1 + M_2 + \ldots + M_n = 0, \qquad (2)$$

$$M = Fd$$



47-сүрәт. *Күч мүрисиниң тәсир қилиш сизиғи бойи билән тик булуң ясайду*

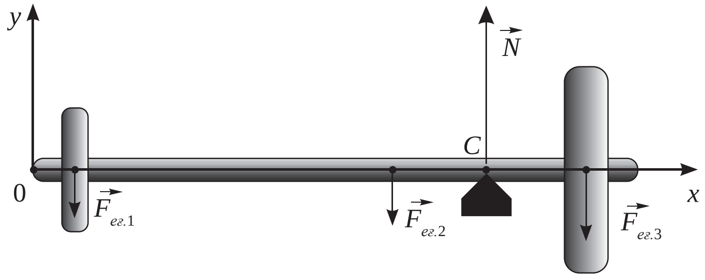
униңдики M – күч моменти, d – күч мүриси *(47-сүрәт)*.

Әгәр күч жисимни саат тилиға қариму-қарши айналдурса, күч моменти – иҗабий, әгәр саат тили бойичә айналдурса – сәлбий болиду.

Әгәр вақитниң бешида жисимниң булуңлуқ илдамлиғи нөлгә тәң болса, у чағда иккинчи шәрт орунланғанда, униң бирхил айлиниши етиварға елинмайду.

IV. Массилар мәркизиниң координатилири

Мурәккәп шәкиллик жисимлар үчүн массилар мәркизиниң координатилирини ениқлайли.



48-сүрәт. *Штангиниң C массилар мәркизиниң координатилирини ениқлаш*

Өз тәҗрибәңлар

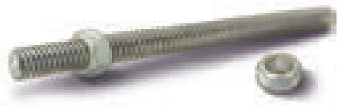
1. Икки гайкиси бар һәрикәтлинидиған винтниң массилар мәркизиниң координатилирини ениқлаңлар *(49-сүрәт)*.
2. Массилар мәркизигә тирәк қоюп, һесапларниң тоғрилиғини тәкшүрүңлар.

Учлириға һәр түрлүк массидики дискилар киргүзүлгән төмүрниң тәңпуңлуқ һалитини қараштурайли *(48-сүрәт)*. *C* массилар мәркизиниң координатилирини ениқлайли. Униң үчүн төмүр штанга оқиниң сол як чәтки чекитини *O* айлиниш чекити ретидә қараштурайли. Тәңпуңлуқ шәртини язайлуқ*:*

$$\vec{F}_{a1} + \vec{F}_{a2} + \vec{F}_{a3} + \vec{N} = 0 \qquad (3)$$
$$M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = 0 \qquad (4)$$

Күч мүрилирини координатилар арқилиқ язайлуқ, у чағда төмүр штанга билән стерженьға тәсир қилидиған еғирлиқ күч мүрилири x_1, x_2, x_3 тәң болиду. Еғирлиқ мәркизиниң координатисини x_c арқилиқ бәлгүләйлуқ. (4) тәңлимә төвәндики түргә өзгириду:

$$-m_1gx_1 - m_2gx_2 - m_3gx_3 + Nx_c = 0. \qquad (5)$$



49-сүрәт. *Гайкилири бар һәрикәтлинидиған винт*

0y оқидики проекцияниң (3) тәңпуңлуқниң биринчи шәртидин тирәк реакциясиниң күчини ениқлаймиз: $-m_1g - m_2g - m_3g + N = 0$, у чағда:

$$N = (m_1 + m_2 + m_3)\, g. \qquad (6)$$

Елинған ипадини (5) тәңлимигә қоюп, еғирлик мәркизиниң координатисиға нисбәтән йешимиз:

$$x_c = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3}{m_1 + m_2 + m_3}. \qquad (7)$$

Җисимлар сани n болған шараит үчүн нәтиҗини умумлаштурайли:

$$x_c = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + ... + m_n x_n}{m_1 + m_2 + ... + m_n}.$$

яки

$$x_{cx} = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \qquad (8)$$

$0x$ билән $0z$ оқлири бойичә еғирлик мәркизиниң координатисини мошуниңға охшаш ениқлаймиз:

$$y_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \qquad y_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}$$

2-тапшурма

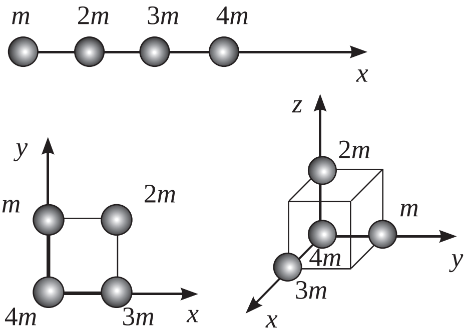
Җисимниң (җисимлар системиси) массилар мәркизин иениқлашқа беғишланған һесапларни йешишниң алгоритмини түзүш

Нәзәр селиңлар!

Җисимлар системисиниң бошлуқтики һәрикитини, мәсилән гравитациялик күчләр билән бағлинишқан қош юлтузни, уларниң массилар мәркизигә нисбәтән қараштуриду.

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Массилири m, $2m$, $3m$ вә $4m$ болидиған төрт шардин туридиған системиниң массилар мәркизиниң орнини төвәндики шараитларда ениқлаңлар: а) шарлар бир түзниң бойида орунлашқан; ә) шарлар квадратниң чоққилирида орунлашқан; б) шарлар кубниң төрт чәкдаш чоққилирида орунлашқан. Барлиқ шараитта хошна икки шарниң арисидики арилиқ 15 *см*-ға тәң. Координатилиқ оқларниң йөнилиши – сүрәттә көрситилгән.



Берилгини:
m
$2m$
$3m$
$4m$

$x_c - ?$
$y_c - ?$
$z_c - ?$

Йешилиши:

а) $$x_c = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + m_4 x_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}$$

шарларниң координатилирини биринчи шарға нисбәтән ениқлаймиз, массилар мәркизиниң координатилирини һесаплаш формулисиға қоймиз:

$$x_c = \frac{m \cdot 0 + 2m \cdot 0,15 + 3m \cdot 0,30 + 4m \cdot 0,45}{m + 2m + 3m + 4m} = 0,3\,м.$$

ә) $$x_c = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + m_4 x_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}; \quad y_c = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3 + m_4 y_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}.$$

шарларниң координатилирини төртинчи шарға нисбәтән ениқлаймиз, массилар мәркизиниң координатилирини һесаплаш формулисиға қойимиз.

$$x_c = \frac{m \cdot 0 + 2m \cdot 0,15 + 3m \cdot 0,15 + 4m \cdot 0}{m + 2m + 3m + 4m} = 0,075\,м\,;$$

$$y_c = \frac{m \cdot 0,15 + 2m \cdot 0,15 + 3m \cdot 0 + 4m \cdot 0}{m + 2m + 3m + 4m} = 0,045\,м\,.$$

б) $$x_c = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3 + m_4x_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}\,;\; y_c = \frac{m_1y_1 + m_2y_2 + m_3y_3 + m_4y_4}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}.$$

шарларниң координатилирини төртинчи шарға нисбәтән ениқлаймиз, массилар мәркизиниң координатилирини һесаплаш формулисиға қойимиз:

$$x_c = \frac{m \cdot 0 + 2m \cdot 0 + 3m \cdot 0,15 + 4m \cdot 0}{m + 2m + 3m + 4m} = 0,045\,м.$$

$$y_c = \frac{m \cdot 0,15 + 2m \cdot 0 + 3m \cdot 0 + 4m \cdot 0}{m + 2m + 3m + 4m} = 0,015\,м.$$

$$z_c = \frac{m \cdot 0 + 2m \cdot 0,15 + 3m \cdot 0 + 4m \cdot 0}{m + 2m + 3m + 4m} = 0,030\,м.$$

Җаваби: а) x_c = 0,3 м; ә) x_c + 0,075 м; y_c = 0,045 м;
б) x_c = 0,045 м; y_c = 0,015 м; z_c = 0,03 *м*.

Тәкшүрүш соаллири

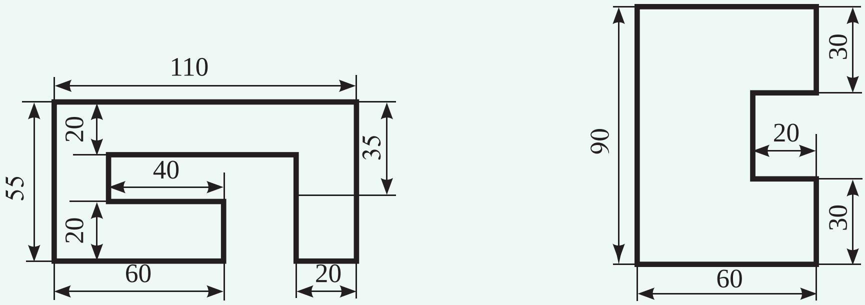
1. Қандақ шәртләр орунланса, җисим айланма һәрикәт ясайду?
2. Статика немини тәкшүрәйду?
3. Қандақ шәртләр орунланса, җисим тәңпуңлуқ һалитидә қалиду?
4. Җисимниң мәссилар мәркизиниң координатилирини қандақ ениқлайду? Җисимлар системисиниңчу?

Көнүкмә 11

1. Узунлуғи 12 *м* лим янту һалитидә, униң йоған тәрипигә 3 *м* арилиқта тирәк қоюп, тәңпуңлуқ һаләткә кәлтүрүшкә болиду. Әгәр тирәк лимниң йоған учидин 6 *м* арилиқта орунлашса, йәни кичик учиға массиси 60 *кг* ишчи олтарса, у чағда лим қайтидин тәңпуңлуқ һаләткә келиду. Лимниң массисини ениқлаңлар.
2. Массиси 10 *кг* вә узунлуғи 40 *см* стерженьниң учлириға массилири 40 *кг* вә 10 *кг* жүкләр илинған. Стержень тәңпуңлуқ һаләттә болуши үчүн униң қайси жайиға тирәк қоюш керәк?
3. Цилиндирлиқ стерженьниң бир бөлиги полаттин иккинчи бөлиги алюминийдин ясалған болсун. Әгәр стерженьниң узунлуғи 30 *см* болса, у чағда униң еғирлиқ мәркизи қәйәрдә орунлашқан?
4. Автомобильниң алдидики вә арқисидики чақлириниң арисидики арилиқ 2,3 *м*-ға тәң. Автомобильни салмақ платформисида өлчигән вақитта униң

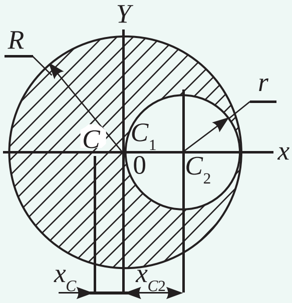
алдидики чақлириға чүширилгән еғирлик 9 *кН*, арқисидики чақларға чүширилгән еғирлик 6,5 *кН*-ға тәң екәнлиги мәлум болди. Еғирлик мәркизи алдидики оқтин қанчилик арилиқта орунлашқан?

5. Өлчәмлири 50-сүрәттә берилгән бирхил пластиниларниң массилар мәркизиниң координатилирини ениқлаңлар.



50-сүрәт. *Бирхил пластинилар*

6. Дүгләк төшүги бар радиуси R бирхил дискниң 0 чекитигә нисбәтән еғирлик мәркизиниң x_C координатисини ениқлаңлар. Төшүк радиуси $r = R/2$ *(51-сүрәт)*.



51-сүрәт. *11.6 – көнүкмигә беғишланған*

Экспериментлиқ тапшурма

50-сүрәттә көрситилгән өлчәм бойичә картон қәғәздин фигуриларни қийип елиңлар. Өзәңларниң һесаплашлириңларниң дуруслиғиға көз йәткүзүңлар.

Иҗадий тапшурма

Кичиккинә секторда алтә сәйярә Күнниң бир тәрипидә болған вақитни сәйярилирниң паради дәп атайду. Мошу вақиттики Күнниң массилар мәркизигә нисбәтән Күн системисидики сәйярилирниң массилар мәркизиниң координатилирини баһалаңлар. Уларға: Чолпан, Йәр, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран ятиду. Барлиқ сәйярилир бир түз бойида орунлашқан дәп қараштуруп, координатилирини һесаплаңлар.

§ 12. Тәңпуңлуқниң түрлири

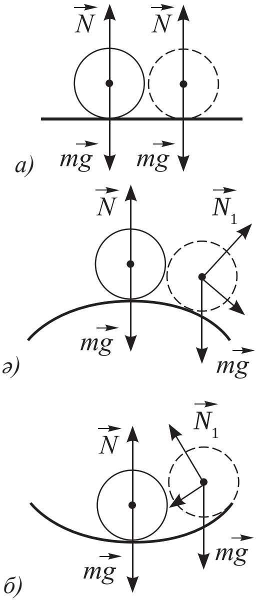
Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *һәр түрлүк тәңпуңлуқ түрлирини чүшәндүргәндә бағлинишларниң келип чиқиш сәвәплирини орнитишни үгинисиләр.*

1-тапшурма

52-сүрәттә тәсвирләнгән тәңпуңлуқ түрлирини атап чиқиңлар.



***52-сүрәт.** Тәңпуңлуқ түрлири*

2-тапшурма

Мустәһкәм, мустәһкәм әмәс вә әһмийәтсиз һәләттики җисимларға мисаллар кәлтүрүңлар.

I. Тәңпуңлуқниң түрлири

Тәңпуңлуқниң үч түри бар: мустәһкәм, мустәһкәм әмәс вә әһмийәтсиз *(52-сүрәт)*.

Әгәр тәңпуңлуқ һалитидин чиқирилған шу җисим дәсләпки һалитигә қайтидин кәлсә, у чағда тәңпуңлуқни мустәһкәм дәп атайду.

Мустәһкәм тәңпуңлуқ һаләттин җисим чәтнигән вақтида уни қайтидин тәңпуңлуқ һаләткә елип келидиған күчләр пәйда болиду. Мустәһкәм тәңпуңлуқ һаләттә җисимниң еғирлиқ мәркизи барлиқ мүмкин болидиған һаләтләрниң әң төвәнкисидә орунлишиду. Мустәһкәм тәңпуңлуқ һаләттә җисим әң төвәнки потенциаллиқ энергиягә егә болиду. Мустәһкәм тәңпуңлуқ һаләткә, мәсилән, тәвринидиған орундуқ ятиду.

Әгәр тәңпуңлуқ һалитидин чиқирилған җисим униңдин кейинму тәңпуңлуқ һалитидин чәтнәверидиған болса, тәңпуңлуқни мустәһкәм әмәс дәп атайду.

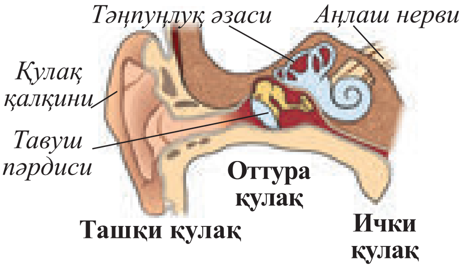
Мустәһкәм әмәс тәңпуңлуқ һаләттин наһайити аз чәтнигән вақитта җисимға тәсир қилидиған тәңләштүргүчи күч җисимниң тәңпуңлуқ һалитидин чәтнишини ашуриду. Мустәһкәм әмәс тәңпуңлуқ һаләттә еғирлиқ мәркизиниң егизлиги әң чоң мәнаға егә болиду, у чағда җисимниң потенциаллиқ энергияси җуқарқи мәнаға егә болиду. Мустәһкәм әмәс тәңпуңлуқ һаләттики җисимға мисал ретидә дарбазчини (арқан бойи билән маңидиған адәм) кәлтүрүшкә болиду *(53-сүрәт)*.

Әгәр тәңпуңлуқ һалитидин чиқирилған җисим өзиниң һалитини өзгәртмисә, тәңпуңлуқни әһмийәтсиз дәп атайду.

Әһмийәтсиз тәңпуңлуқ һаләттә җисимниң потенциаллиқ энергияси өзгәрмәйду, сәвәви еғирлиқ мәркизиниң егизлиги дәсләпки орнида қалиду. Әһмийәтсиз тәңпуңлуқ һаләт янту бәттә серилидиған шарға тәхлит җисимларға, чақларға хастур.

Бу қизиқ!

Адәмләр билән һайванатларниң қулақлири пәқәт аңлаш үчүнла әмәс, шуниң билән билләә қулақниң ичидә тәнниң тәңпуңлуғиға җавап беридиған әза орунлашқан *(54-сүрәт)*.

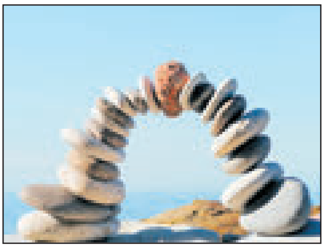


54-сүрәт. *Аңлаш әзасиниң түзүлүши*

53-сүрәт. *Дарвазниң мустәһкәм әмәс тәңпуңлуқ һалити*

Бу қизиқ!

Америкилиқ-сүрәтчи Майкл Грэб, у ташлардин әҗайип һәйкәлләрни ясашниң маһири *(56-сүрәт)*. У бәкиткүч материалларни пайдиланмай, таш һәйкәллирини ясайду.

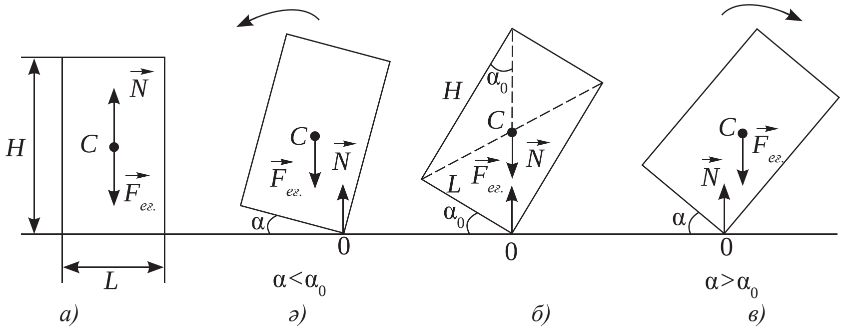


55-сүрәт. *Һәйкәллардики ташлар мустәһкәм әмәс тәңпуңлуқта орунлашқан*

II. Тирәк қоюлған җисимниң тәңпуңлуқ мустәһкәмлиги, ағдурулуши

Бизни қоршиған җисимларниң нурғуни имарәт, җиһаз билән турмуш җисимлири, машинилар, гүләңгүч, карусель, адәмниң өзиму тирәктә течлиқта туриду. Қандақ шараитта имарәтниң мустәһкәмлиги ашидиғанлиғини ениқлайли. Брусокниң тәңпуңлуқ мустәһкәмлигини қараштурайли *(56-сүрәт). Уни қандақту бир чәклик булуңғичә* янтайтишқа *болиду, кейин у ағдурулиду. Чәклик янту булуңини геометриялик түрдә ениқлаймиз*:

$tg\alpha_0 = \dfrac{L}{H}$ *(56, б-сүрәт)*. Тирәктики еғирлиқ мәркизи арқилиқ өтидиған вертикал түз, тирәк мәйданини кийип өткичә җисимни янтайтишқа болидиғанлиғиға тәҗрибә арқилиқ көз йәткүзүшкә болиду *(56, ә-сүрәт)*. Бу шараитта еғирлиқ күчиниң моменти иҗабий мәнаға егә болиду, җисим саат тилиниң йөнилишигә қариму-қарши йөнилиду вә дәсләпки һалитигә қайтип келиду. Вертикал түз тирәк мәйданиниң чегарисидин чиқип кетиши



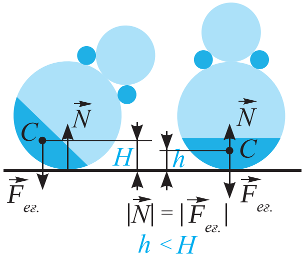
56-сүрәт. *Тирәккә тирәлгән җисимниң ағдурулуш шәртлири*

биләнла күч моменти сәлбий болиду, җисим ағдурулиду *(56, в-сүрәт)*. Шуниң үчүн тирәкниң мәйдани чоң вә җисим пака болғансири у мустәһкәм болиду

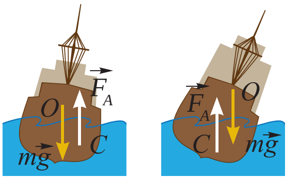
Җавави қандақ?

1. *Асман пеләк имарәтләрниң жуқарқи бөлиги немишкә учлуғиақ болуп келиду (57-сүрәт)?*
2. *«Неваляшка» қочиғиниң һәрикәт қилиш принципини чүшәндүрүңлар (58-сүрәт)?*
3. *Жүкни немишкә кеминиң палубисиға әмәс, әксинчә трюмға җайлаштуриду (59-сүрәт)?*

57-сүрәт. *Дубайдики әң егиз көп қәвәтлик өйниң егизлиги 828 м, 163 қәвәт*



58-сүрәт. *Ятмас (неваляшка) қочиғи мустәһкәм тәңпуңлуққа егә*



59-сүрәт. *Кеминиң мустәһкәм вә мустәһкәм әмәс тәңпуңлуғи*

Брусокниң массилар мәркизи мустәһкәм тәңпуңлуқ һаләттә әң кичик егизликкә егә болиду, у Н/2-гә тәң. (56, а-сүрәт). Мустәһкәм әмәс тәңпуңлуқ һаләттә массилар мәркизиниң егизлиги әң жуқарқи мәнағичә көпийиду (56, б-сүрәт).

Әгәр җисимниң еғирлиқ мәркизи арқилиқ өтидиған түз мошу җисимниң тирәк мәйданиниң чегарисидин ашмиса, у чағда тирәк мәйдани бар җисим тәңпуңлуқта болиду.

III. Илинип турған җисимниң тәңпуңлуқ мустәһкәмлиги

Әгәр җисимниң *C* еғирлиқ мәркизи арқилиқ өтидиған тик сизиқ 0 айлиниш оқи арқилиқ өтидиған болса, у чағда айлиниш оқи бар җисим тәңпуңлуқ һаләттә болиду *(61, а-сүрәт)*. Шуниң билән биллә мошу вақитта әгәр *C* еғирлиқ мәркизи айлиниш оқидин жуқури болса, у чағда һәрқандақ тәңпуңлуқ һаләттин чәтнәш вақтида потенциаллиқ энергия азийиду вә 0 оқиға нисбәтән еғирлиқ күчиниң моменти җисимни униңдин нери тәңпуңлуқ һаләттин жирақлаштуреверидy. Бу – мустәһкәм әмәс тәңпуңлуқ һаләт.

Әгәр еғирлиқ күчи айлиниш оқидин төвән орунлашса, у чағда тәңпуңлуқ мустәһкәм болиду *(61, ә-сүрәт)*. Һәрқандақ чәтнәш вақтида потенциаллиқ энергия ашиду, еғирлиқ күчиниң моменти җисимни тәңпуңлуқ һалитигә қайтидин елип келиду.

Әгәр еғирлиқ мәркизи билән айлиниш оқи мас кәлсә *(61, б-сүрәт)*, у чағда тәңпуңлуқ һаләттә әһмийәтсиз болдиду.

Әһмийәтсиз тәңпуңлуқ һаләткә деңиз һайванлири – китлар вә моржлар мисал болиду. Мустәһкәм тәңпуңлуқ һаләтә механикилиқ саатниң маятниги мисал болиду. Тәңпуңлуқ һаләттин чиқириш үчүн маятникқа күч чүшириш һаҗәт.

3-тапшурма

Бош вә жүк бесилған жүк машинисиға тәсир қилидиған күчләрни көрситиңлар. Немишкә жүк бесилған автомобильлар бурулғанда көп һаләттә ағдурулуп кетиду *(60-сүрәт)*?

Тәкшүрүш соаллири

1. Тәңпуқлуқниң қандақ түрлири бар?
2. Қандақ шәртләр орунланған вақитта җисим мустәһкәм тәңпуңлуқ һаләттә болиду?
3. Мустәһкәм әмәс тәңпуңлуқ һаләт қандақ шараитта орунлиниду? Әһмийәтсиз һаләтчу?
4. Қандақ шараитта җисим тирәктин ағдурулуп чүшмәйду?

Көнүкмә 12

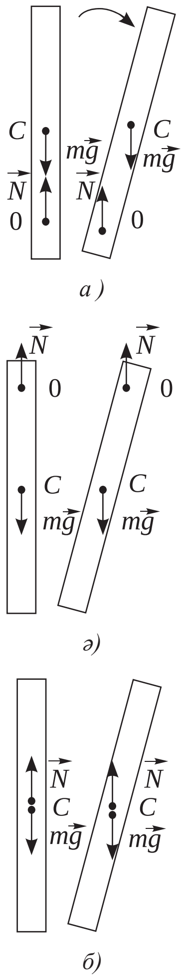
1. Төвәндә көрситилгән шараитлардики тәңпуңлуқ түрлирини ениқлаш һаҗәт:
   1) бильярд шари торда орунлашқан вақитта;
   2) горизонтал тартилған жиптики мончақларниң;
   3) янту тәкшиликтики брусок;
   4) арқан бойи билән меңип келиватқан гимнаст;
   5) конуслуқ воронкидики шар;
   6) тамға йөләп қойған шота;
   7) едәндә ятқан коробка;
2. Тахтайчида егизлиги h вә диаметри $d = h/2$ цилиндр туриду. Тахтайчини бир учидин аста көтиришни башлайду. Қайсиси биринчи орунлиниду: цилиндр ағдуруламду яки сериламду? Тахтайчә билән цилиндр бәтлири арисидики сүркилиш коэффициенти $\mu = 0,4$.

Экспериментлиқ тапшурма

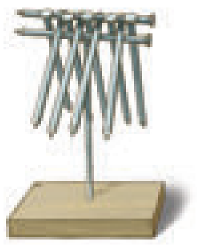
Интернет торидики материалларни пайдилинип, миқлар билән тәҗрибә жүргүзүңлар *(62-сүрәт)*. Миқлар немә үчүн тәңпуңлуқ һалитини сақлайдиғинини чүшәндүрүңлар.

Иҗадий тапшурма

1. Қолда бар материаллар билән «неваляшка» қочиғини ясаңлар.
2. Хәвәрләндүрүш тәйярлаңлар (ихтияриңларчә): «Цирк трюклиридики тәңпуңлуқ түрлири»; «Һәр түрлүк спорт түрлиридики тәңпуңлуқниң роли».



61-сүрәт. *Айлиниш оқидики җисимниң тәңпуңлуғи*



62-сүрәт. *Эксперентлиқ тапшурмилар үчүн*

3-бапниң йәкүни

Тәңпуңлук шәртлири	Массилар мәркизиниң координатилири
$\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = 0$ $\sum_{i=1}^{n} M_i = 0 \quad M = Fd$	$x_{cx} = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} m_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \quad y_c = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} m_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \quad z_c = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} m_i z_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}$

Абсолют қаттиқ җисимниң тәңпуңлук шәртлири

1. Җисимға чүширилгән ташқи күчләрниң қошундиси нөлгә тәң.
2. Җисимға тәсир қилидиған барлиқ ташқи күчләр моментлириниң қошундиси һәрқандақ оққа нисбәтән нөлгә тәң.

Глоссарий

Еғирлиқ мәркизи – һәрқандақ шараитта җисимға тәсир қилидиған еғирлиқ күчиниң орунлашқан чекити.

Күч мүриси – җисимниң айлиниш оқидин күчниң тәсир қилиш сизиғиғичә болған әң қисқа арилиқ.

Массилар мәркизи – җисимни илгирилимә һәрикәткә кәлтүридиған күчләрниң тәсир қилиш сизиқлириниң қийлишиш чекити.

Статика – материялиқ җисимларниң күч тәсиридин тәңпуңлук шәртлирини тәкшүрәйдиған механикиниң бөлүми.

Тәңпуңлук – җисим яки җисимлар системисиниң һалити, бу чағда чүширилгән күчләрниң тәсиридин җисим яки җисимлар системиси тиничлиқта болиду.

МЕХАНИКА

1

4-БАП

САҚЛИНИШ ҚАНУНЛИРИ

Туюқ система җисимлири үчүн импульс билән энергияниң сақлиниш қанунлирини Ньютонниң қанунлирини пайдилиниш арқилиқ чиқиришқа болиду.
Сақлиниш қанунлири җисимлар системисиға тәсир қилидиған күчләрни караштурмай, җисимларниң бир һаләттин иккинчи һаләткә өтүш һәрикитини тәкшүримәй, динамика мәсилилирини йешиш мүмкин әмәс.
Импульс билән толуқ механикилиқ энергияниң сақлиниш қанунлири һәрқандақ өлчәмдики туюқ система җисимлири: микро аләмниң зәррилири, шуниң билән билләә космос җисимлири үчүнму орунлиниду.
Қанунлар система җисимлириға ташқи күчләр тәсир қилған шараиттиму орунлиниду, бирақ уларниң тәң тәсирлик күчи нөлгә тәң. Йәр шараитида мундақ күчләргә Йәрниң тартилиш күчи билән тирәкниң реакция күчлири ятиду.

Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:

- санлиқ вә эксперименталлиқ мәсилиләрни йешиш җәриянида сақлиниш қанунлирини пайдилинишни үгинисиләр.

§ 13. Импульсниң вә механикилиқ энергияниң сақлиниш қанунлири һәм уларниң бошлуқ, йәни вақитниң хусусийәтлири билән бағлиниши

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *санлиқ вә экспериментлиқ һесаплар йешиш җәриянида сақлиниш қанунлирини пайдилинишни үгинисиләр.*

1-тапшурма

Импульсниң сақлиниш қануни Ньютонниң иккинчи вә үчинчи қанунлириниң нәтиҗисидин келип чиқидиғанлиғинини испатлаңлар.

Җавави қандақ?

1. Немишкә абсолют әвришим урулуш үчүн импульсниң сақлиниш қанунини йезилиши әвришим әмәс урулуш үчүн йезилиштин пәриқлиниду?
2. Сақлиниш қанунлири немишкә туюқ системилар үчүнла орунлиниду?

2-тапшурма

63-65-сүрәтләрдә тәсвирләнгән җисимлар үчүн импульсниң сақлиниш қанунини йезиңлар.

I. Туюқ система үчүн импульсниң сақлиниш қануни

Импульсниң сақлиниш қануни Ньютонниң иккинчи вә үчинчи қанунлириниң нәтиҗисидур.

Әгәр җисимлар системисида тәсир қилидиған ташқи күчләрниң қошундиси нөлгә тәң болса, у чағда өз ара тәсирлишидиған җисимларниң туюқ системисиниң импульси турақлиқ болуп қалиду.

$$\vec{p}_{c.} = \sum_{i-1}^{n} m_i \vec{\upsilon}_i = const, \quad (1)$$

буниңдики $\vec{p}_c$ – системиға киридиған җисимлар импульслириниң геометриялик қошундиси, n – системидики җисимлар сани, i – җисимниң рәтлик номери, Σ – қошунда бәлгүси.

Үч җисимниң әвришим тәсирлишиши вақтида, (1) формула төвәндикичә йезилиду:

$$m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2 + m_3\vec{\upsilon}_3 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 + m_3\vec{u}_3, \quad (2)$$

буниңдики $\vec{\upsilon}_1$, $\vec{\upsilon}_2$, $\vec{\upsilon}_3$ – җисимларниң өз ара тәсирлишишкичә илдамлиғи, $\vec{u}_1$, $\vec{u}_2$, $\vec{u}_3$ – җисимларниң өз ара һәрикәтлинишидин кейинки илдамлиқлири.

Өз ара әвришим әмәс тәсирлишиши вақтида сақлиниш қануни төвәндики түрдә йезилиду:

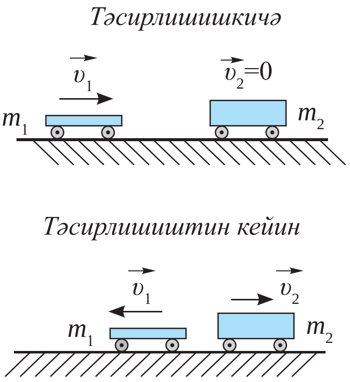
$$m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2 + m_3\vec{\upsilon}_3 = (m_1 + m_2 + m_3)\vec{u}, \quad (3)$$

буниңдики $\vec{u}$ – җисимларниң өз ара тәсирләшкәндин кейинки илдамлиғи.

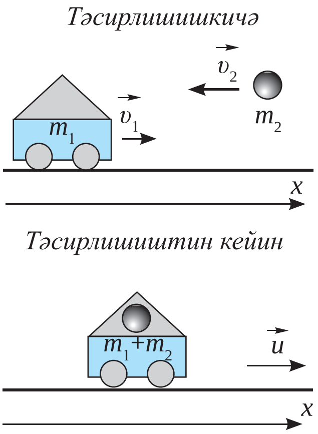
II. Туюқ системидики җисимлар импульслириниң қошундисиниң модули

Җисимлар импульслириниң қошундисиниң модулини ениқлаш үчүн координатилиқ усулни пайдилинишқа болиду. Бу усул системидики җисимлар импульслириниң қошундисиниң модулини җисим импульслириниң 0x, 0y, 0z оқлириға чүширилгән проекциялириниң қошундиси арқилиқ ипадиләшкә мүмкинчилик бериду.

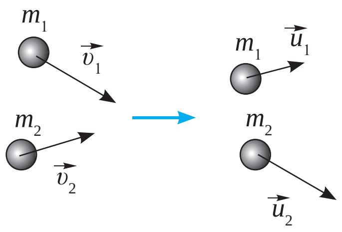
$$p = \sqrt{p_x^2 + p_y^2 + p_z^2}, (4)$$



63-сүрәт. *Һәрикәтләнмәйдиған һарву билән әвришим урулуши*



64-сүрәт. *Җисимларниң өз ара әвришим әмәс тәсирлишиши*



65-сүрәт. *Һәрикәттики шарларниң әвришим урулуши*

Таллап елинған p_x, p_y, p_z оқлириға чүширилгән проекциялириниң қошундиси төвәндики формулилар бойичә ениқлиниду:

$$p_x = p_{1x} + p_{2x} + \ldots + p_{nx},$$
$$p_y = p_{1y} + p_{2y} + \ldots + p_{ny},$$
$$p_z = p_{1z} + p_{2z} + \ldots + p_{nz}, \qquad (5)$$

буниңдики p_{1x}, p_{2x}, … p_{nx} – системиға киридиған n җисим импульслириниң $0x$ оқиға проекциялири, p_{1y}, p_{2y},…p_{ny} – импульсларниң $0y$ оқиға проекциялири p_{1z}, p_{2z}, …p_{nz} – $0z$ оқиға проекциялири.

III. Энергиянiң сақлиниш қануни

Кинетикилиқ вә потенциаллиқ энергияләрниң қошундисиға тәң системиниң толуқ механикилиқ энергияси системида җисимлар арисидики арилиққа бағлиқ күчләр тәсирлишишкәндә сақлиниду. Уларни *консервативлиқ күчләр* дәп атайду.

Консервативлиқ күчләргә тартилиш күчи билән әвришимлик күчләр ятиду. Консервативлиқ күчләрниң иши сәлбий бәлгү билән елинған потенциаллиқ энергияниң өсүмчиси түридә ипадилиниши мүмкин: $A = -(mgh_2 - mgh_1)$;

яки
$$A = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right)$$

$$A = -(W_{p2} - W_{p1}) \qquad (6)$$

Һәрқандақ күчниң ишини *кинетикилиқ энергияниң өзгириши тоғрилиқ теорема* бойичә ениқлашқа болиду:

Җавави қандақ?

Немишкә җисимларниң әвришим урулуш һесавини пәқәт ипульсниң сақлиниш қанунинини пайдилинип йешишикә болмайду?

Җавави қандақ?

Немишкә Ньютон маятнигида массилири охшаш шарлар пайдилинилиду?

3-тапшурма

1. Потенциаллиқ энергияни һесаплашниң формулисини:
   а) асман җисиминиң бетидики вә униңдин жирақлиқтики гравитация мәйданида орунлашқан җисим үчүн;
   ә) деформацияләнгән пружина (стержень) үчүн йезиңлар.
2. Һәрикәттики җисим үчүн кинетикилиқ энергияни һесаплаш формулисини йезиңлар.

$$A = Fs = ma\frac{\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2}{2a} = \frac{m\upsilon_2^2}{2} - \frac{m\upsilon_1^2}{2} \text{ яки } A = W_{k2} - W_{k1} \quad (6)$$

(5) вә (6) тәңлимилиридин: $W_{k1} + W_{p1} = W_{k2} + W_{p2}$
шундақ қилип: $W = W_k + W_p = \text{const}$,
бу – толуқ механикилиқ энергиянин сақлиниш қанунинин ипадиси.
*n жисим*дин туридиған системиниң энергияси системиниң һәрбир жисиминиң энергиялириниң қошундиси түридә ениқлиниду. Биринчи һаләт үчүн кинетикилиқ вә потенциаллиқ энергия: $W_{k1} = \sum_{i=1}^{n} W_{ki}$, $W_{p1} = \sum_{i=1}^{n} W_{pi}$, болиду.
иккинчи һаләт үчүн: $W_{k2} = \sum_{i=1}^{n} W_{ki}$, $W_{p2} = \sum_{i=1}^{n} W_{pi}$,

буниңдики i – жисимниң системидики рәтлик номери.

Пәқәт консервативлиқ күчләр тәсирлишишидиған жисимларниң туюқ системисида толуқ механикилиқ энергия турақлиқ миқдар болуп қалиду.

IIV. Бошлуқ вә вақит хусусийәтлириниң сақлиниш қанунлири билән бағлиниши

10-параграфта бошлуқниң асасий хусусийәтлири: бирхиллиқ вә изотроплиғи тоғрисида ейтилған. Бошлуқниң бирхиллиғи униң барлиқ чекитлириниң тәңл һоқуқлиғи, изотпролиғи униң барлиқ йөнилишлириниң тәң һоқуқлиғи билән хуласилиниду. Вақит бирхиллиқ хусусийәткә егә. Вақитниң бирхиллиғи барлиқ вақит мәзгиллири тәң екәнлигини вә уларниң һәрбири дәсләпки санақ чекити ретидә қобул қилишқа болидиғанлиғини билдүриду.

Бошлуқ һәм вақитниң ейтилған хусусийәтлири импульс һәм энергияниң сақлиниш қанунлири билән бағлиқ.

Импульсниң сақлиниш қанунинин асасида бошлуқниң бирхиллиқ хусусийити ятиду. Көплигән тәҗрибиләр һәм тәкшүрүшләр туюқ системини бөләкләрниң илдамлиқлири билән өз ара орунлишишлирини өзгәртмәй бошлуқта бир орундин иккинчи орунға параллель тошуш системисиниң механикилиқ хусусийәтлирини өзгәртмәйдиғанлиғини көрсәтти. Жисимлар системисиниң импульси турақлиқ миқдар болуп қалиду.

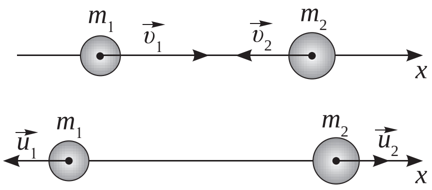
Энергияниң сақлиниш қанунинин асасида вақитниң бирхиллиғи ятиду. Туюқ система үчүн энергияниң сақлиниш қануни һәрқандақ вақит интериаллири үчүн орунлиниду.

Бошлуқ вә вақит интериаллири туюқ система жисимлириниң өз ара тәсирлишишлири қараштурлудиған барлиқ санақ системиси үчүн инвариантлиқ вә абсолют.

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

1-һесап. Массилири m_1 вә m_2, илдамлиқлири υ_1 вә υ_2 икки жисим бир-бирсигә қариму-қарши һәрикәтлинип кетип бариду (сүрәткә қараңлар). а) $\upsilon_{2x} = 0$; ә) $m_1 = m_2$ айрим шараитлар үчүн жисимларниң мәркәзлик әвришим урулушидин кейинки u_1 вә u_2 илдамлиқлирини ениқлаңлар.

Берилгини:	**Йешилиши:**
m_1 m_2 υ_1 υ_2	*Ox* оқиға чүширилгән проекциялиридә импульсниң сақлиниш қанунининиң түри төвәндикичә болиду: $m_1\upsilon_{1x} + m_2\upsilon_{2x} = m_1u_{1x} + m_2u_{2x}$. (1) Икки шар үчүн кинетикилиқ энергияниң сақлиниш қанунини язайли
u_1-? u_2-?	



$$\frac{m_1\upsilon_{1x}^2}{2} + \frac{m_2\upsilon_{2x}^2}{2} = \frac{m_1u_{1x}^2}{2} + \frac{m_2u_{2x}^2}{2}. \qquad (2)$$

Елинған икки бәлгүсизләр u_{1x} билән u_{2x} бар тәңлимиләр системисини йешәйлуқ. Елинған тәңлимиләрдә биринчи җисимниң импульси билән энергиясини тәңлиминиң оң тәрипигә, иккинчи җисимниң импульси билән энергиясини тәңлиминиң сол тәрипигә жиғип, нәтиҗисини төвәндики түрдә язимиз:

$$m_1(u_{1x} - \upsilon_{1x}) = m_2(\upsilon_{2x} - u_{2x}) \qquad (3)$$

$$m_1(u_{1x}^2 - \upsilon_{1x}^2) = m_2(\upsilon_{2x}^2 - u_{2x}^2) \qquad (4)$$

(4) тәңлимини (3) тәңлимигә бөлүп төвәндикини алимиз:

$$u_{1x} + \upsilon_{1x} = \upsilon_{2x} + u_{2x} \qquad (5)$$

(5) тәңлиминиң икки тәрипини m_2 көпәйтимиз, елинған нәтиҗини (3) тәңлимиси билән қошумиз, шу чағда биринчи җисим үчүн әвришим урулуштин кейинки илдамлиқни һесаплаш формулисини алимиз:

$$u_{1x} = \frac{(m_1 - m_2)\upsilon_{1x} + 2m_2\upsilon_{2x}}{m_1 + m_2}. \qquad (6)$$

(6) тәңлимини (5) тәңлимигә апирип қойимиз, иккинчи җисим үчүн илдамлиқ проекциясини тепишқа арналған ипадини алимиз:

$$u_{2x} = \frac{(m_1 - m_2)\upsilon_{2x} + 2m_1\upsilon_{1x}}{m_1 + m_2}. \qquad (7)$$

Айрим шараитларни қараштурайли:

а) Иккинчи шар урулушқичә: $\upsilon_{2x} = 0$, у чағда (6) билән (7) дин: $u_{1x} = \frac{(m_1 - m_2)\upsilon_{1x}}{m_1 + m_2}$, $u_{2x} = \frac{2m_1\upsilon_{1x}}{m_1 + m_2}$ чиқиду.

Йәкүни:

Әгәр $m_1>m_2$ болса, биринчи шар урулушқичә болған йөнилиш билән һәрикитини давамлаштуриду, бирақ илдамлиғи азийиду.

Әгәр $m_1<m_2$ болса, ундақта биринчи шар урулуштин кейин кәйнигә қаңқийду.

Иккинчи шар икки шараиттила биринчи шарниң урулушқичә болған йөнилиши билән һәрикәтлиниду.

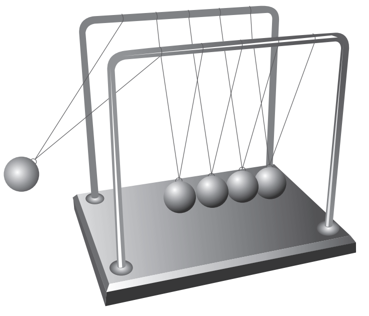
ә) Икки шарниң массилири охшаш десәк, у чағда:

$$u_{1x} = \frac{2m\upsilon_{2x}}{2m} = \upsilon_{2x}, \; u_{2x} = \frac{2m\upsilon_{1x}}{2m} = \upsilon_{1x}$$

Йәкүнләш: Массиси охшаш шарлар абсолют әвришим урулуш вақтида илдамлиқлири билән авушиду.

Бу қизиқ!

Ньютон маятнигиниң һәрикити массилири охшаш җисимларниң өз ара әвришим һәрикәтлиниши вақтида импульс билән энергияниң сақлиниш қанунлириға асасланған. Биринчи шарни теч һалитидин чиқирип қоювәтсәк, у чағда униң энергияси өзгиришсиз оттуридики шарлар арқилиқ ахирқисиға берилиду, вә у шарикма шу илдамлиқ билән шу егизликкә көтирилиду. Өз нөвити билән у импульс билән энергиясини тизма бойичә биринчи шарға бериду *(66-сүрәт)*.



66-сүрәт. *Ньютон маятниги*

Тәкшүрүш соаллири

1. Импульсниң сақлиниш қанунини тәрипләңлар.
2. Җисимлар импульслириниң қошундиси координатилиқ усул билән қандақ ениқлиниду?
3. Қандақ энергияни потенциаллиқ дәп атайду?
4. Асман җисиминиң бетидә җисимниң потенциаллиқ энергиясини қандақ ениқлайду? Асман җисимидин жирақлиқтичу?
5. Консервативлиқ күчләрниң иши җисимниң потенциаллиқ энегрияси билән қандақ бағлиништа?
6. Толуқ механикилиқ энергияниң сақлиниш қанунини тәрипләңлар.
7. Толуқ механикилиқ энергияниң вә импульсниң сақлиниш қанунлири бошлуқниң қандақ хусусийәтлириниң нәтиҗиси болиду?

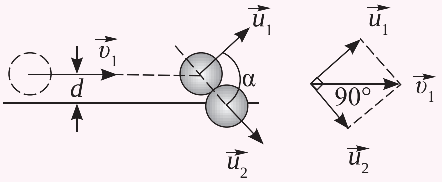
Көнүкмә 13

1. Массиси 10^4 *кг* төмүр йол вагони 25 *м/сек* илдамлиқ билән һәрикәтлинип кетип бариду, массиси $1{,}5 \cdot 10^4$ *кг* һәрикәтләнмәйдиған вагон билән урулиду. Әгәр урулғандин кейин биллә һәркәтләнсә, уларниң илдамлиғи қандақ болиду?
2. Умумий массиси 600 *г* ракета моделида 350 *г* оқ-дориси бар. Газ бирдин 300 *м/сек* илдамлиқ билән чиқип туриду. Ракетиниң һәрикитигә қарши һава қаршилиғи көтирилиш егизлигини 6 һәссә азайтиду. $g = 10$ *м/сек*^{2} дәп елип, ракетиниң көтирилиш егизлигини ениқлаңлар.
3. Икки охшаш абсолют әвришим шарлар силиқ янту бәттә бир-биригә қариму-қарши 10 *м/сек* вә 5 *м/сек* илдамлиқлар билән һәрикәтлиниватиду. Урулушқандин кейин шарлар қандақ йөнилиштә вә қандақ илдамлиқта һәрикәтлинидиған болиду?
4. Массиси 70 *кг* үзгүчи 10 *м* егизликтин сәкрәп, 3 *м* чоңқурлуққа чүшиду. Суниң бетини нөллүк дәриҗә дәп елип, үзгүчниң жуқурда турған вә максимал суға чөкүш вақтидики потенциаллиқ энергиясини ениқлаңлар.
5. Массиси 1000 *кг* сүнъий Йәр һәмрайи чәмбәрлик орбита бойи билән Йәрниң әтрапида униң бетидин 1000 *км* арилиқта һәрикәтлиниватиду. Сүнъий Йәр һәмрайиниң потенциаллиқ, кинетикилиқ вә толуқ энергиясини ениқлаңлар.

6. Пружинилиқ оюнчуқ тапанчидин етилған массиси 0,02 *кг* шар вертикал жуқуриға қарап 57,6 *см* егизликкә учиду. Қаттиқлиғи 400 *Н/м* пружинининң қисилишини ениқлаңлар.
7. Бизниң сәйяримиз үчүн иккинчи космослуқ илдамлиқни ениқлаңлар.

Экспериментлиқ тапшурма

1. Массилири охшаш шарларниң мәркәзлик әмәс әвришим урулушини тәкшүрүңлар. Массилири охшаш шарлар қандақ булуң билән учидиғанлиғини ениқлаңлар. α учуш булуңи шарларниң массилар мәркәзлириниң *d* силҗишиға бағлинишлиқму? *(67-сүрәт).* Һесаплашларни нәзәрийәлик түрдә жүргүзүп, эксперимент вақтида елинған нәҗиләрни селиштуруңлар.



67-сүрәт. *1-экспериментлиқ тапшурма*

2. Җисим қозғалмайдиған тосалғуға әвришим урулушқан вақитта униң илдамлиғи билән импульси пәқәт йөнилиши бойичә өзгәрмәйду. Илдамлиқ вә импульс мәналириниң тосалғуниң йөнилиши билән илдамлиқ миқдарлириға бағлиқлиғини тәкшүрүңлар. 68-сүрәттә волейболдики һуҗум қилғуч урулушиниң техникиси берилгән. Өзәңлар жүргүзгән тәкшүрүшләр бойичә спортчиниң һәрикитини чүшәндүрүңлар. Қандақ спорт түрлиридә җисим импульси өзгиришиниң қаршилиқниң һәрикәт илдамлиғиға бағлиқлиғи пайдилинилиду?

68-сүрәт. *2-экспериментлиқ тапшурма*

Иҗадий тапшурма

Иккинчи космослуқ илдамлиқни һесаплашта вә космослуқ кемиләрниң-корабльларниң биринчи континентлар арилиқ учирилиш вақтида энергияниң сақлиниш қанунининң роли тоғрилиқ доклад тәйярлаңлар.

4-бапниң йәкүни

Сақлиниш қанунлири	Энергия	Иш
импульсниң $\vec{p}_c = \sum_{i-1}^{n} m_i \vec{\upsilon}_i = const$ энергияниң $W = W_k + W_p = \text{const}$	Кинетикилиқ энергия $W_k = \frac{m\upsilon^2}{2}$ Потенциаллиқ энергия $W_p = \frac{kx^2}{2}$ $W_p = mgh$ $W_p = \frac{GMm}{R}$	$A = \frac{m\upsilon_2^2}{2} - \frac{m\upsilon_1^2}{2}$ $A = -(W_{p2} - W_{p1})$ $A = \left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right)$ $A = -(mgh_2 - mgh_1)$ $A = -\left(\frac{GMm}{R_2} - \frac{GMm}{R_1}\right)$

Динамика қанунлири:

Импульсниң сақлиниш қанунлири:

Әгәр җисимлар системисида тәсир қилидиған ташқи күчләрниң қошундиси нөлгә тәң болса, өз ара тәсирлишидиған җисимларниң туюқ системисниң импульси турақлиқ миқдарлар болиду.

Энергияниң сақлиниш қануни

Пәқәт консервативлиқ күчләр тәсир қилидиған җисимларниң туюқ системисида толуқ механикилиқ энергия турақлиқ миқдар болуп қалиду.

Глоссарий

Консервативлиқ күчләр – пәқәт өз ара тәсирлишидиған җисимлар арисидики арилиққа бағлиқ күчләрдур, уларға тартилиш күчи билән әвришимлик күчләр ятиду.

Кинетикилиқ энергия – һәрикәтлинип кетип барған җисимниң энергияси.

Мәркәзлик урулуш – җисимларниң массилар мәркизини бағлаштуридиған сизиқлар бойи билән йөнәлгән илдамлиқ билән һәрикәтлинидиған җисимларниң урулуши.

Механикалиқ толуқ энергия – җисимниң кинетикилиқ вә потенциаллиқ энергиялириниң қошундисидур.

Потенциаллиқ энергия – өз ара тәсирлишидиған җисимларниң яки бир җисим зәррилириниң өз ара орунлишиши арқилиқ ениқлинидиған энергия.

5-БАП

СУЮҚЛАР БИЛӘН ГАЗЛАРНИҢ МЕХАНИКИСИ

Гидро- вә аэродинамика қанунлириға дәриялардики яки су трубилиридики суниң, қан томурлиридики қанниң, атмосферилиқ һавадики чоң массиларниң һәрикити мисал болиду
Суюқлуқ билән газларниң һәрикитини тәкшүрүшниң қийинлишиши уларниң қәвәтлири арисида ички сүркилиш билән газларниң қисилишиниң бар болуш һадисисигә бағлиқ. Берилгән бапта биз идеал суюқлуқ билән униң еқимидики қаттиқ җисимниң һәрикитини қараштуримиз.

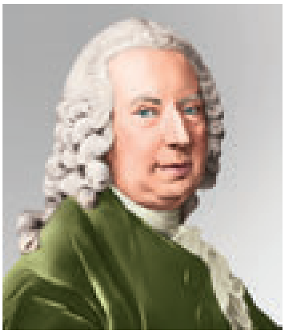
Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:
- суюқлуқ билән газларниң ламинарлиқ вә турбулентлиқ еқимини ипадиләшни;
- экспериментлиқ, санлиқ вә сапалиқ һесапларни чиқириш җәриянида үзүлүшсиз тәңлимиләр билән Бернулли тәңлимисини пайдилинишни;
- экспериментлиқ, санлиқ вә сапалиқ һесапларни чиқарғанда Торричелли формулисини қоллинишни;
- эксперимент нәтиҗисидә тәсир қилғучи факторларни ениқлап, уни яхшилаш йоллирини тәклип қилишни үгинисиләр.

§ 14. Гидродинамика. Суюқлуқ билән газларниң ламинарлиқ вә турбулентлиқ еқими

Күтүлидиған нәтижә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *суюқлуқ билән газларниң ламинарлиқ вә турбулентлиқ еқимини ипадиләшни үгинисиләр.*



Даниил Бернулли (1700 – 1782) – швейцариялик физик вә математик, у 1725-жилдин 1733-жилғичә Петербург Илим Академиясиниң академиги, 1748-жилдин башлап, Париж Илим Академиясиниң әзаси болди, **Бернулли** газниң, гидродинамикиниң, математикилиқ физикиниң кинетикилиқ нәзәрийәсиниң асасини салғучиларниң бири.

«Гидродинамика» монографиясиниң автори.

I. Гидро- вә аэродинамика

Тарих турғусидин муһитларда жүрүш сапасини ашуруш мәқситидә кемиләрниң һәрикитини, йәлкәнләрниң, винтларниң, қанатларниң, насосларниң вә башқиму түзүлмиләрниң иш ишләш принциплирини тәкшүрүшкә бағлинишлиқ гидро- вә аэродинамика пәйда болған. XVIII әсирдә Даниил Бернуллиниң, Жан ле-Рон Даламберниң, Леонардо Эйлерниң әмгәклиридә гидродинамикиниң асаси селинған.

Гидро- вә аэродинамика – суюқлуқлар билән газларниң һәрикитини вә уларниң өз ара тәсирлишишини тәкшүрәйдиған механикиниң бөлүми.

Гидродинамика адәмниң иш-һәрикәтлириниң һәрхил саһалирида пайдилинилиду. Уни кемиләр билән учидиған аппаратларни, су трубилири билән нефть трубилирини, насослар билән трубиниларни ясиғанда пайдилинилиду. Һәрикәтлинип кетип барған жисимға тәсир қилидиған көтәргүчи күч билән қаршилиқ күчини һесаплаш гидродинамика һесаплириға ятиду. Гидродинамика һесаплирини йеңиклаштүрүш үчүн «идеал суюқлук», «еқим элементи» дегән чүшәнчиләр киргүзүлгән.

Идеал суюқлуқ – бу жуқушлиғи билән қисилиши етиварға елинмайдиған суюқлуқ.

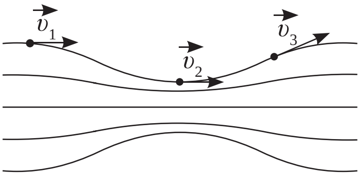
Идеал суюқлуқниң қәвәтлири арисида сүркилиш болмайду.

Еқим элементи – бу һәрикәт вақтида үлгиниң өзгиришини етиварға алмашқа болидиған суюқлуқниң (газниң) шәртлик түрдә бөлүнгән аз һәжими.

II. Суюқлуқларниң һәрикитини байқаш. Еқим сизиқлири. Еқим нәйчиси

Суюқлуқниң һәрикитини тәкшүрүш усуллириниң бири төвәндикичә: суюқлуққа металл парчилири селиниду вә яхши йоруқ чүширип, чапсан фото-сүрәткә чүшириду. Сүрәттә металл парчиларниң узунлуқлири суюқлуқ еқиминиң илдамлиғиға пропорционал сизиқчилар түридә көрүниду. Металл парчилириниң һәрикитиниң йөнилишигә қарап суюқлуқ еқиминиң бетидики һәрқандақ чекитидә униң йөнилиши тоғрилиқ ейтишқа болиду. Фотосүрәтниң кесиндисини йоғанлатқан вақитта

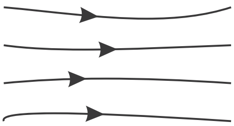
сизиқчилар туташ сизиқларға бирикиду, уларни *еқим сизиқлири* дәп атайду *(69-сүрәт)*. Эйлер суюқлуқларни мошундақ усул билән тәкшүргән.



69-сүрәт. *Еқим сизиғи*

Еқим сизиғи – бу бошлуқниң һәрқандақ чекитидә яндашмиларниң йөнилиши суюқлуқ илдамлиғиниң йөнилишигә дәл келидиған сизиқлар.

Суюқлуқ һәрикитини тәкшүргән вақитта еқим нәйчисини караштурушқа болиду.



70-сүрәт. *Ламинарлиқ еқим вақтидики еқим сизиқлири*

Еқим нәйчиси – бу суюқлуқниң яки газниң еқим сизиқлири билән чәкләнгән һәҗим.

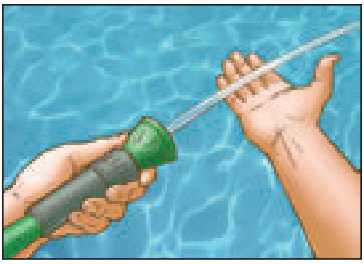
Суюқлуқниң яки газниң илдамлиғи еқим сизиғиниң һәрбир чекитидә яндашма билән йөнәлгән, шу чағда еқим *нәйчисиниң ичидә орунлашқан суюқлуқ униң ян бетини кеймайду*.

71-сүрәт. *Бухтарма дәрияси, ламинарлиқ еқим*

III. Ламинарлиқ вә турбулентлиқ еқим

Ламинарлиқ еқими бар суюқлуқлар үчүн гидродинамика қанунлири орунлиниду.

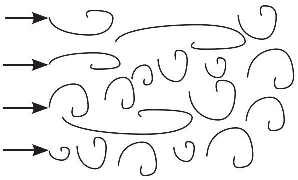
Әгәр суюқлуқ қәвәтлири бир-бири билән арилашмай, бир-биригә нисбәтән серилидиған болса, еқим ламинарлиқ болиду.



72-сүрәт. *Ламинарлиқ еқим вақтида еқим нәйчисиниң кийилмисиниң мәйдани сақлиниду*

70-сүрәттә ламинарлиқ еқим вақтида еқим сизиқлири тәсвирләнгән. Еқими теч дәриялардики суниң еқими ламинарлиқ яки қәвәтлик *(71-сүрәт)*. Фонтанниң ламинарлиқ еқими әйнәк нәйчигә охшайду *(72-сүрәт). Ламинарлиқ еқимни елишқа беғишланған түзүлмиләр йоруқ динамикилиқ вә йоруқ музыкилиқ фонтанларда пайдилинилиду.*

Суюқлуқ еқиминиң илдамлиғини ашурғанда, қуюн пәйда болиду, у чағда еқим турбулентлиқ болиду *(73-сүрәт)*.



73-сүрәт. *Турбулентлиқ еқим вақтида еқим сизиғи*

Әгәр суюқлуқ қәвәтлири арилишип, қуюн пәйда болса, еқим турбулентлиқ болиду.

Турбулентлиқ еқимларда илдамлиқ билән бесимниң пәйтлик мәналири суюқлуқниң яки газниң берилгән чекитидә тәсадипий өзгириду. Шәртләр

өзгәрмигән вақитта пүткүл һәҗим бойичә мошу миқдарларниң тарилиши һәр түрлүк болиду вә әмәлиятта қайтиланмайду. Турбулентлик еқим үчүн илдамлик билән бесимниң оттура мәналири пайдилинилиду. Турбулентлик еқимларни экспериментлик түрдә тәкшүрәйду.

Суюқлуқ билән газниң еқими һәр түрлүк болуши мүмкин: мустәһкәм вә мустәһкәм әмәс. Суюқлуқниң мустәһкәм яки стационар һәрикәт дәп суюқлуқ еқиминиң берилгән чекиттә бесими билән илдамлиғи вақит өткәнсири өзгәрмәйдиған һәрикитини ейтимиз.

Бошлуқниң барлиқ чекитлиридә суюқлуқ элементиниң илдамлиғи вақит өткәнсири өзгәрмәйдиған болса, еқим стационарлиқ болиду.

Илдамлиғи билән бесими һәрқандақ чекиттә вақит бойичә өзгиридиған суюқлуқ еқими мустәһкәм әмәс яки стационарлиқ әмәс дәп атилиду.

IV. Суюқлуқ яки газ һәрикәтлирини кинематикилиқ тәсвирләш

Идеал суюқлуқниң һәрикитини тәсвирлигән вақитта механика қанунлири пайдилинилиду, улар қаттиқ җисимлар үчүн орунлиниду. Суюқлуқ яки газниң пүткүл һәҗимини кичик элементларға бөлүп вә уларниң бошлуқтики һәрикитини караштуриду. Мәсилән, һава еқиминиң тамға чүширилгән бесимни ениқлиғанда, импульслуқ түрдә йезилған Ньютонниң иккинчи қанунини пайдилинишқа болиду:

$$\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i t = \sum \Delta m_i \Delta \vec{v},$$

буниңдики Δm_i – һава еқиминиң элементи, n – t вақит арилиғида тамға урулған һава еқиминиң элементлириниң сани, $\vec{F}_i$ – һава еқиминиң элементидин пәйда болған бесим күчи.

Җавави қандақ?

1. Немишкә дәрия еқими кәң йеридә ламинарлиқ, тар йеридә турбулентлик болиду?
   Немишкә шақиратмидики суниң еқими турбулентлик болиду *(74-сүрәт)*?

74-сүрәт. *Бурхан-булақ шақиратмиси, Йәттису, Алитағ тағлири*

2. Немишкә турбулентлик еқимда еқим элементлириниң илдамлиғи билән бесиминиң пәйтлик мәналирини нәзәрийәвий һесаплаш мүмкин әмәс?
3. Немишкә турбулентлик еқим су транспортлири билән һава кемилири үчүн хәтәрлик?

2-тапшурма

1. Суюқлуқниң турбулентлик еқиминиң оттура илдамлиғини ениқлашниң усуллирини тәклип қилиңлар.
2. Шамалниң илдамлиғини ениқлайдиған түзүлмини атаңлар.

Тәкшүрүш соаллири

1. Қандақ суюқлуқни идеал дәп атайду?
2. Еқим сизиғи дегинимиз немә? Еқим нәйчиси дегинимиз немә?
3. Силәр суюқлуқ билән газ еқимлириниң қандақ түрлирини билисиләр? Уларниң пәрқи немидә?
4. Суюқлуқ билән газ һәрикитини кинематикилиқ тәсвирләшниң әһмийити немидә?

Көнүкмә 14

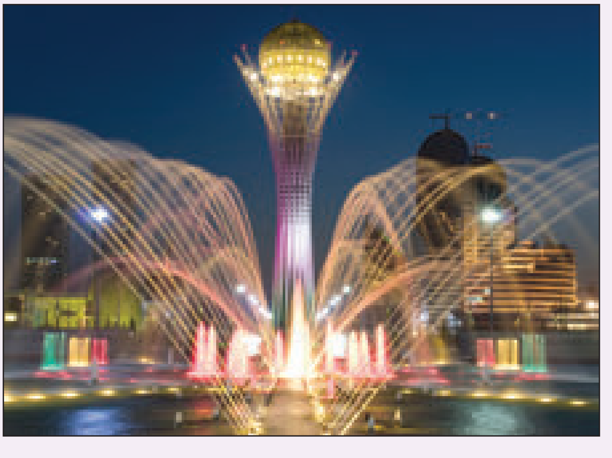
1. Тамға 200 *Па* бесим чүширидиған шамалниң илдамлиғини ениқлаңлар. Шамал тамға перпендикуляр уриду. Һава зичлиғи 1,29 *кг/м²*.
2. Егизлиги 30 *м* узунлуғи 50 *м* өйниң темиға қуюнлуқ шамалниң чүширидиған бесим күчини ениқлаңлар. Шамалниң илдамлиғи 40 *м/сек* вә тамға 30° булуң билән йөнәлгән. Шамал бесимини атмосферилиқ бесим билән селиштуруңлар. Тамға йеқин һава еқимини ламинарлиқ дәп караштуруңлар.
3. Әгәр диаметри 13 *мм* ламинарлиқ еқимниң максимал көтирилиш егизлиги 2 *м* болса, униң чүшиватқан чекиттики илдамлиғи билән су бетигә чүшкән бесим күчи қандақ? Еқим үчүн түзүлмиләр фонтандики суниң әркин бетидә упуққа 45° булуң ясап бәкитилгән. Һава каршилиғини етиварға алмаңлар

Экспериментлиқ тапшурма

Дәрия (ерик) яқисида вә униңдин бирнәччә арилиқта ятқан су еқиминиң илдамлиғини ениқлаңлар. Өлчәватқан бөләктики еқим түрини характерләңлар. Дәрияда (ериқта) турбулентлиқ еқим бар бөләклириниң бар йоқлиғин ениқлаңлар. Қандақ шараитларда еқим турбулентлиқ болиду?

Ижадий тапшурма

Әхбарат тәйярлаңлар (ихтияриңларчә):
1. Гидродинамикиниң асасини салғучилар.
2. Һава райини ениқлиғанда гидро- вә аэродинамика қанунлирини пайдилиниш.
3. Ламинарлиқ еқим бар башқурулидиған фонтанлар: түзүлүши билән һәрикәтлиниш принципи *(75-сүрәт)*.



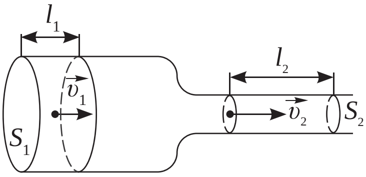
75-сүрәт. *Ламинарлиқ еқими бар фонтан, Нур-Султан шәһири*

§ 15. Үзлүксиз тәңлимиси. Бернулли тәңлимиси. Көтәргүчи күч

Күтүлидиған нәтижә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *үзлүксиз вә Бернулли тәңлимилирини экспериментлиқ, санлиқ вә сапалиқ һесаплар чиқириш җәриянида пайдилинишни үгинисиләр.*



76-сүрәт. *Һәр түрлүк қийилмидики еқим нәйчиси*

I. Суюқлуқ билән қисилмайдиған газлар үчүн үзлүксиз тәңлимиси

Еқим нәйчисиниң мәйданлири S_1 вә S_2 илдамлиқлири v_1вә v_2икки қийилмини қараштурайли *(76-сүрәт)*. Нәйчидики суюқлуқ һәрикитини стационарлиқ дәп қараштурайли. Стационарлиқ һәрикәт вақтида барлиқ зәрриләр өзлиригә мувапиқ илдамлиқлар билән бошлуқ чекитлиридин өтиду. Δt вақит арисида S_1 қиймиси арқилиқ $V_1 = S_1l_1 = S_1v_1\Delta t$ һәҗимдики суюқлуқ өтиду. S_2 иккинчи қийма арқилиқ мошу вақиттта $V_2 = S_2l_2 = S_2v_2\Delta t$ әҗимдики суюқлуқ өтиду. Қисилмайдиған суюқлуқ үчүн $V_1 = V_2$, у чағда:

$$S_1v_1 = S_2v_2 \text{ яки}$$

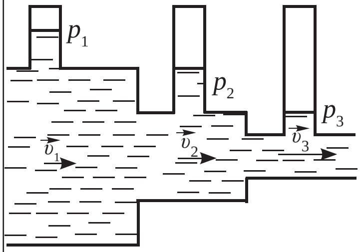
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}.$$

Елинған нисбәтни *үзлүксиз тәңлимә* дәп атайду.

Қисилмайдиған суюқлуқ илдамлиқлириниң модули еқим нәйчә қийилмисиниң мәйданлириға экси пропорционал.

Өз тәҗрибәңлар

Һәр түрлүк қийилмидики су билән толтурулған ечиқ нәйчидики бесимни төвәндә берилгән шараитларда өлчәңлар: 1) су теч һаләттә туриду; 2) су нәйчини бойлап ақиду. *(77-сүрәт)*.



77-сүрәт. *Нәйчиниң һәртүрлик қийилмисидики суюқлуқниң бесимини өлчәш*

II. Һәрикәттики суюқлуқ билән газдики бесим

Өзгәрмә қийилмиси бар нәйчидики суюқлуқ бесимини манометриниң ярдими билән ениқлайду *(77-сүрәт)*.

Тәҗрибидин нәйчиниң кәң бөләклиридики бесим униң тар бөләклиридики бесимға қариғанда көп екәнлиги вә үзлүксиз тәңлимиси асасида қийилма йоған җайдики еқим илдамлиғи азирақ екәнлиги ениқланди.

Суюқлуқниң стационарлиқ еқими вақтида еқим илдамлиғи аз болған бөләктә бесим көп болиду.

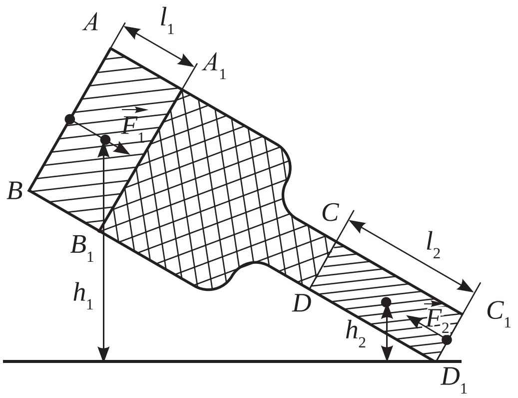
Суюқлуқ бесиминиң стационарлиқ еқими илдамлиққа бағлиқлиғини математикилиқ түрдә швейцариялик физик Даниил Бернулли 1738-ж. ачқан.

1-тапшурма

Кичик қийилмилиқ нәйчидики бесимниң төвәнлишишини Ньютонниң иккинчи қануни вә үзлүксиз тәңлимә асасида чүшәндүрүңлар.

III. Бернулли тәңлимиси

Нәйчидә яки трубида (қувурда) һәрикәтлинип кетип барған идеал суюқлуққа пайдилинидиған энергияниң сақлиниш қанунини *Бернулли тәңлимиси* дәп атиди.



78-сүрәт. *Идеал суюқлуқниң қийилмиси һәр түрлүк нәйчидики еқими*

Җавави қандақ?

1. $\vec{F}_2$ ташқи күчләрниң иши немишкә Бернулли тәңлимисини нәтиҗилигәндә сәлбий бәлгү билән елиниду?
2. Нәйчидики суюқлуққа тәсир қилидиған $\vec{F}_1$ вә $\vec{F}_2$ ташқи күчләрни қандақ түзүлмиләр пайда қилиши мумкин?
3. Әгәр суюқлуқни нәйчиниң яки трубиниң инчиккә бөлигидин кәң бөлигигә қарап йөнәлдүрсәк немә болиду?

2-тапшурма

1. Қийилмиси һәр түрлүк янту трубида;
2. Учлири ечиқ янту трубиларда ақидиған суюқлуқ үчүн Бернулли тәңлимисини йезиңлар.

Өзгәрмә қийилмиси бар ток нәйчиси упуққа қандақту бир булуң билән орунлашқан дәп алайлуқ *(78-сүрәт)*.

Трубиниң кәң бөлигидә AB қийилмиси, тар бөлигидә CD қийилмиси билән чәкләнгән суюқлуқ һәҗимини бөлүп алайлуқ. Еғирлиқ күчи билән $\vec{F}_1$ вә $\vec{F}_2$ сиртқи бесим күчлириниң тәсиридин суюқлуқниң бөлүнүп елинған һәҗими Δt аз вақит арилиғида A_1B_1 вә C_1D_1 қийилмилири билән чәкләнгән трубиниң бөлигини алди. 78-сүрәткә қарап, A_1B_1 вә CD қийилмилириниң арисидики суюқлуқ энергияси өзгиришсиз қалди дегән йәкүн ясаймиз. Ташқи күчләрниң иши AB вә A_1B_1қийилмилири арқилиқ, трубиниң тар бөлигигә өткәндә CD вә C_1D_1 қийилмилири билән чәкләнгән суюқлуқ энергиясиниң өзгириши ярдими билән ениқлиниду.

$$A = \Delta E. \tag{1}$$

$\vec{F}_1$ вә $\vec{F}_2$ ташқи күчләрниң ишини ениқлайли:

$$A = A_1 + A_2 = F_1l_1 - F_2l_2 = p_1S_1\upsilon_1\Delta t - p_2S_2\upsilon_2\Delta t, \tag{2}$$

бундиндики:

$$F_1 = p_1S_1,\ F_2 = p_2S_2,\ l_1 = \upsilon_1\Delta t,\ l_2 = \upsilon_2\Delta t,.$$

Бөлүнүп елинған суюқлуқ һәҗиминиң бир һаләттин иккинчи һаләткә өткән вақтидики толуқ механикилиқ энергиясиниң өзгиришини потенциаллиқ вә кинетикилиқ энергияләрниң өзгиришлириниң қошундиси ретидә ениқлайли:

$$\Delta E = \Delta E_k + \Delta E_p = \frac{1}{2}\rho\Delta V\left(\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2\right) + \rho g\,(S_2l_2h_2 - S_1l_1h_1) \tag{3}.$$

(2) вә (3) тәңлимиләрни (1) тәңлимигә апирип қояйли вә $S_1\upsilon_1\Delta t - S_2\upsilon_2\Delta t = \Delta V$ етиварға алсақ:

$$(p_1 - p_2)\Delta V = \frac{1}{2}\rho\Delta V\left(\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2\right) + \rho g\Delta V\left(h_2 - h_1\right).$$

ΔV*-ға* қисқартсақ, тәңлик төвәндики түргә өзгириду:

$$(p_1 - p_2) = \frac{1}{2}\rho\upsilon_2^2 - \frac{1}{2}\rho\upsilon_1^2 + \rho gh_2 - \rho gh_1$$

бундин

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho\upsilon_1^2}{2} = p_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho\upsilon_2^2}{2} \tag{4}$$

яки $$p + \rho g h + \frac{\rho \upsilon^2}{2} = const \,. \qquad (5)$$

Елинған (4) вә (5) ипадиләрни идеал суюқлуқ үчүн Бернулли тәңлимиси яки һәрикәтлинидиған суюқлуқ билән газ үчүн энергия зичлиғиниң сақлиниш қануни дәп атайду.

Бернулли тәңлимисигә мувапиқ:

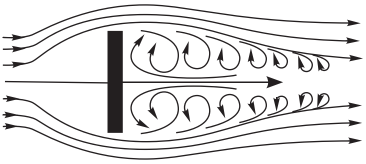
Суюқлуқниң стационар еқимидики толуқ бесим мошу еқимниң бойида турақлиқ болуп қалиду.

Толуқ бесим $\rho g h$ *еғирлиқтин,* p *статикилиқ вә* $\frac{\rho \upsilon^2}{2}$ *динамикилиқ бесимлардин туриду* (3).

IV. Қанатниң көтәргүчи күчи

Һавадики җисимларниң һәрикәтлиниш қанунлирини тәкшүрүшкә беғишланған асасий жабдуқ аэродинамикилиқ труба болуп тепилиду.

Трубиниң бир учиға қуввәтлик вентилятор жайлаштурилди, уни электрдвигатели арқилиқ айландуримиз *(79-сүрәт). Уларда пәқәт модельларни әмәс, шуниң билән биллә һәқиқий самолетларниң учушини тәкшүрәйду,* аэродинамикилиқ трубилар һәр түрлүк өлчәмләрдә болуши мүмкин.



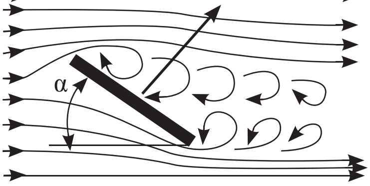
80-сүрәт. *Еқим йөнилишигә перпендикуляр тәкши пластининиң һава еқими билән орилип еқиши*

79-сүрәт. *Аэродинамикилиқ трубиларда самолет моделини сишан*

Җавави қандақ?

1. *Илдам маңидиған поездниң әтрапида туруш немишкә хәтәрлик?*
2. *Қариму-қарши йөнилиштә үзиватқан кемиләр бир-бириниң йенидин өткәндә немишкә урулуши мүмкин? Урулушни болдурмас үчүн қандақ чариләрни пайдилин һаҗәт?*

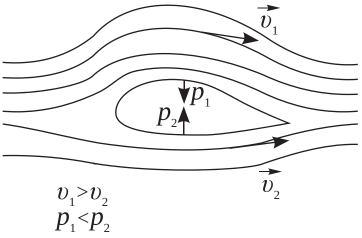
80-сүрәттә тәкшиликтиги аэродинамикилиқ трубидики еқимиға перпендикуляр йөнәлгән пластининиң орилип еқиш көрүнүши тәсвирләнгән. Һава зичлиғи пластинининиң алдида өсиду, кәйнидә азийиду. Һава шалаңлаштурулған бошлуққа қарап йөнилиду вә қуюн пәйда қилиду. Мошу вақтта пластина вертикал йөнилиштә орун йөткимәйду. Әгәр платина билән һава еқими арисида учлуқ булуң пәйда болса,



81-сүрәт. *Аэродинамикилиқ күч һуҗум қилиш булуңиға бағлиқ*

у чағда бесимлар айримиси *аэродинамикилиқ күчләрни* пәйда қилиду, пластина көтирилиду *(81-сүрәт)* яки төвән чүшиду. Булуң һуҗум қилиш булуңи дәп атилиду, уни грекниң α һәрпи билән бәлгүләйду.

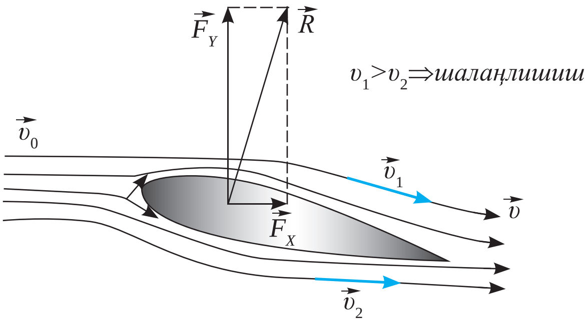
Аэродинамикилиқ күч пәқәт һуҗум қилиш булуңидин әмәс, шундақла қанатниң симметириялик әмәс профилидин пәйда болиду. Қанат үстидики һава еқиминиң илдамлиғи қанат астидики һава еқимиға қариғанда көп болиду, сәвәви жуқарқи бөлиги дөңәрәк болуп келиду *(82-сүрәт)*.



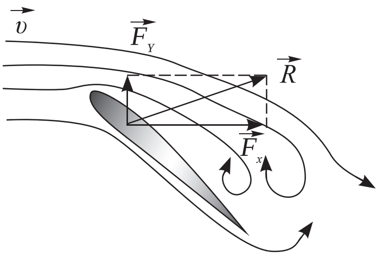
82-сүрәт. *Аэродинамикилиқ күч қанат қийилмисиниң формисиға (шәклигә) бағлиқ*

Бернулли тәңлимисигә мувапиқ қанатниң төвәнки бөлигиниң бесими үстидики бөләккә қариғанда көпирәк болиду. Қанатқа келидиған еқимниң илдамлиғи қанчилик көп болса, шунчә бесимлар айримиси вә F_y *көтәргүчи күчи билән* F_x *маңлайлиқ (лобовое) қаршилиқ күчлиригә бөлүнидиған R аэродинамикилиқ күчләр көп болиду (83-сүрәт).*

Янту булуңи өскәнсири, көтәргүчи күч өсиду, бәтлик қаршилиғи азийиду. Һуҗум қилиш булуңиниң санлиқ мәнаси вақтида еқим қанатниң бетидин бөлүниду, көтәргүчи күч тәсири йоқайду, қаршилиқ күчи бирдин өсиду. Самолет «штопорға» кириду *(84-сүрәт).*



83-сүрәт. *Fy көтәргүчи күч билән бәтлик қаршилиқ күчи – аэродинамикилиқ R күчини тәшкил қилғучилири*



84-сүрәт. *Һуҗум қилишниң критикилиқ булуңи самолетни «штопорға» киргүзиду*

Бу қизиқ!

Аэродинамикини тәрәққий әткүзүштә «рус авияциясиниң атиси» Николай Егорович Жуковский (1847–1921) муһим роль атқурди.

Дәсләп Жуковский қанатниң көтәргүч күчиниң түзүлүшини чүшәндүрди вә мошу күчни һесаплаш теориясини тәриплиди.

Тәкшүрүш соаллири

1. Үзлүксиз тәңлимини тәрипләңлар. У қандақ суюқлуқлар билән газлар үчүн һәқиқий?
2. Нәйчидики суюқлуқниң бесими суюқлук еқиминиң илдамлиғиға қандақ бағлиқ?
3. Бернулли тәңлимиси қандақ миқдарларниң нисбити орнитиду?
4. Қандақ күчни бәтлик қаршилиқ күчи дәп атайду? Қандақ күчни көтәргүчи күч дәп атайду?

Көнүкмә 15

1. Янту трубиниң кәң бөлигидә $1{,}5 \cdot 10^5$ *Па* бесимда су 8 *м/сек* илдамлиқ билән ақиду. Трубиниң тар бөлигидә бесим $1{,}4 \cdot 10^5$ *Па*. Сүркилиш күчини етиварға алмай, трубиниң тар бөлигидики еқимниң илдамлиғини ениқлаңлар.
2. Трубиниң кәң бөлигидә нефть 2 *м/сек* илдамлиқ билән ақиду. Әгәр трубиниң кәң вә тар бөлигидики бесимларниң айримиси 50 *мм.сим.ст* болса, у чағда униң тар бөлигидики нефть еқиминиң илдамлиғи қандақ?
3. Қийилмиси өзгәрмә горизонтал орунлашқан труба бойи билән су еқиватиду. Трубиниң тар вә кәң бөләклиридики горизонтал қийилминиң мәйданлири 10 $см^2$ вә 20 $см^2$. Көрситилгән су столбисиниң қийилмилиридики бесимларниң айримиси 200 *мм.сим.ст*. Трубиниң әркин елинған қийилмисидин 1 *сек* ичидә өтидиған су һәҗимини ениқлаңлар.
4. Труба янту жайлашқан. Диаметри D трубиниң кәң бөлигидә поршень жайлашқан, униңға F турақлиқ күч тәсир қилиду. Трубиниң тар бөлигиниң диаметри d, униңдин су еқими ақиду. Поршеньниң орун йөткәш илдамлиғини ениқлаңлар. Сүркилиш күчини етиварға алмаңлар.

Иҗадий тапшурма

Мавзулар бойичә әхбарат тәйярлаңлар (ихтияриңларчә):

1. Ләгләкни (Воздушный змей) ясаш вә учуруш технологияси.
2. Самолетниң учуш режимлири.
3. Су ақидиған насосниң, карбюраторниң түзүлүши билән һәрикәт қилиш принципи.

§ 16. Жуқудиған суюқлуқ еқими. Стокс формулиси. Җисимларниң еқими

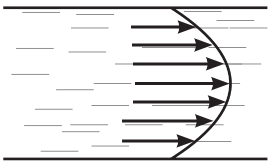
Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

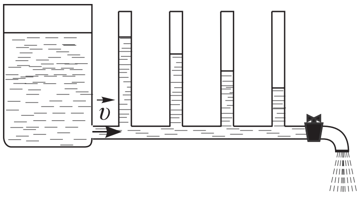
- *экспериментлиқ, санлиқ вә сапалиқ һесапларни йешиш җәриянида Торричелли вә Стокс формулилирини пайдилинишни үгинисиләр.*

Җавави қандақ?

1. Немишкә суюқ клей төвәнки температурида созулидиған болуп қалиду?
2. Немишкә майниң тамчиси әйнәк бетидә су тамчисиға қариғанда аста ақиду?



85-сүрәт. *Трубиниң оттурисида су еқиминиң илдамлиғи максимал болиду*



86-сүрәт. *Еқим йөнилиши бойичә суюқлуқ бесиминиң төвәнлиши*

I. Жуқушлуқ суюқлуқ еқими

Трубидики яки дәриядики һәр түрлүк суюқлуқ қәвәтлириниң еқим илдамлиқлири охшаш әмәс. Трубиниң четидә яки дәрия яқиси билән тегидә илдамлиқ оттурисиға қариғанда азирақ болиду. 85-сүрәттә трубиниң қийилмиси бойичә суюқлуқ илдамлиғиниң тарилиши тәсвирләнгән: илдамлиқ трубиниң темида нөлдин башлинип, оттурисида әң жуқарқи мәнаға йетиду. Илдамлиқларниң һәр түрлүк болуши суюқлуқниң жуқушлиғиға бағлиқ яки униң қәвәтлири арисида ички сүркилиш күчиниң тәсириниң болуши билән чүшәндүрүлиду.

Жуқушлуқ – суюқлуқниң бир бөлигиниң башқисиға нисбәтән орун йөткишигә қарши болалайдиған һәқиқий суюқлуқларниң хусусийити.

Температура азайғансири суюқлуқниң жуқушлиғи өсиду. Дәриядики суниң илдамлиғи күз мәзгилидә азийиду вә қиш мәзгилидә иш йүзидә тоқтап келиши мүмкин.

Ички сүркилиш күчиниң тәсиридин труба бойи билән суюқлуқ еқиминиң йөнилиши бойичә бесим азийиду, трубиниң башлинишидин жирақлиғансири, еқиватқан суюқлуқниң бесими аз болиду. Буниңға 86-сүрәттә тәсвирләнгән әсвапни пайдилинип, тәҗрибә арқилиқ көз йәткүзүшкә болиду.

Әгәр әсвапниң шүмиги йепиқ болса, у чағда барлиқ манометрлиқ нәйчиләрдә суюқлуқ дәрижиси охшаш болиду, теч һаләттә турған суюқлуқта сүркилиш күчи болмайду. Су трубилирида трубилардики бесимниң чүшүшини етиварға елиш керәк, ечиқ турған шүмәкләр сани көп болғансири су чапсан ақиду вә бесими чапсан төвәнләйду. Трубида суюқлуқниң стационарлиқ еқимини тутуп туруш үчүн униң кириши билән чиқишидики бесимниң чүшүши һаҗәт.

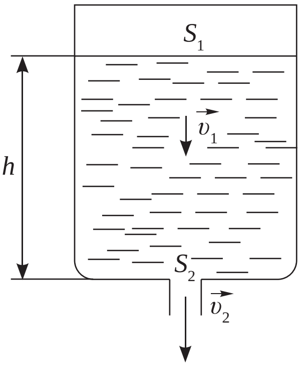
Әстә сақлаңлар!

Һәр түрлүк қийилмидики трубилири бар су трубилиридики бесимниң чүшүшигә тәсир қилидиған фактор: труба қийилмисиниң мәйданиниң кичиклишиши, суюқлуқниң жуқушлиғи.

1-тапшурма

Бернулли тәңлимисини пайдилинип, қача төшүгидин ақидиған суюқлуқниң илдамлиғини һесаплаш формулисини ениқлаңлар *(87-сүрәт)*. Э.Торричелли алған формула билән селиштуруңлар:

$\upsilon_2 = \sqrt{2gh}$



***87-сүрәт.** Тапшурмиға*

Җавави қандақ?

Немишкә төшүги бар нәйчидики идеал суюқлуқниң столб егизлигиниң азийиши төшүк арқилиқ өтидиған суюқлуқниң еқиш илдамлиғиниң мәнасиға тәсир қилиду?

II. Суюқлуқлар билән газлардики җисимларниң һәрикити. Стокс формулиси

Суюқлуқлар билән газларда җисимлар һәрикәтләнгәндә қаршилиқ күчи пәйда болиду. Уларниң пәйда болуши икки сәвәпкә бағлиқ:

1) җисим бети билән муһитниң сүркилиш тәсири;
2) җисимни қоршап еқиш вақтида суюқлуқ яки газ еқиминиң өзгириши.

***88-сүрәт.** Вискозиметр*

Муһитниң бәтлик қаршилиқ күчи муһитниң турақлиғиға, һәм шуниң билән биллә җисимниң һәрикәт илдамлиғиға, униң өлчәмлиригә вә шәклигә бағлиқ.

Жуқидиған суюқлуққа яки газға чүшүватқан шарға тәсир қилидиған бәтлик қаршилиқ күчи Стокс формулиси билән ениқлиниду, у гидродинамикиға чоң әмгиги сиңгән инглиз физиги Джордж Габриел Стоксниң һөрмитигә шундақ аталған:

$$F = 6\pi\eta r\upsilon,$$

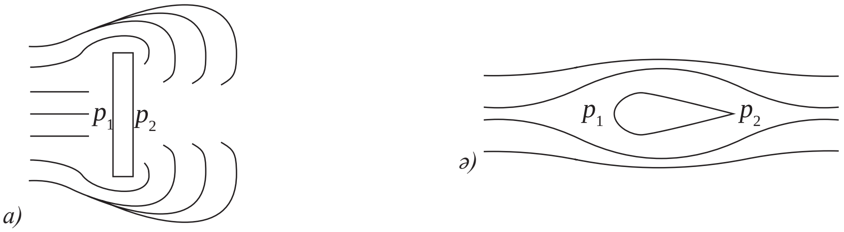
буниңдики: η – суюқлуқниң яки газниң ички сүркилиш коэффициенти, динамикалиқ жуқушлуқ, өлчәм бирлиги $[\eta]$ – 1 *Па · с; r* – шар радиуси; υ – шарниң илдамлиғи.

Стокс формулиси суюқлуқларниң жуқушлиғини ениқлашқа мүмкинчилик бериду. Суюқлуқниң жуқушлиғини ениқлашқа беғишланған әсвап *вискозиметрлар дәп атилиду*. Геплер вискозиметриниң тәсири Стокс қануниға асасланған, у – нәйчигә қуюлған жуқидиған суюқлуқ *(88-сүрәт)*. Жуқушлуқ вискозиметр нәйчисидики бәлгүләр арисида чүшүп келиватқан шарларниң өтүш илдамлиғи бойичә ениқлиниду, униң өлчәш хаталиғи 1%–3% арилиғида.

III. Җисимларни қоршап еқиши

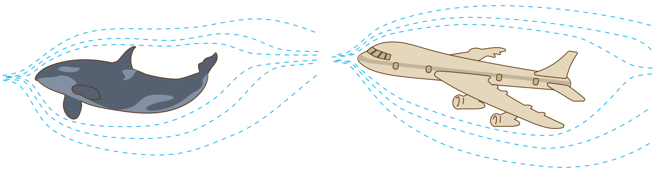
Суюқлуқниң яки газ еқиминиң өзгиришидин пәйда болған қаршилиқ күчини азайтиш үчүн қаттиқ җисимларға қоршап аққучлиқ шәкил бериду. 89-сүрәттә

пластина әтрапидики вә қоршап ақидиған шәклидики җисимларниң еқим сизиқлири тәсвирләнгән. Пластинининң кәйнидә рәтсиз қуюнлуқ һәрикәт облуси түзүлиду, буниңда бесим наһайити төвән болиду *(89, а-сүрәт)*, җисимниң еқим сизиқлирини көп бузмайду *(89, ә-сүрәт)*.



89-сүрәт. *Муһитниң қаршилиқ күчи җисимниң шәклигә бағлиқ*

Илдамлиқниң аз мәнасида җисимниң алдинқи бөлигидә бесимниң көтирилишининң арткқи бөлигидики бесимниң төвәнлишигә қариғанда әһмийити аз, шуңлашқа арткқи бөләккә шәкил бериш бу шараитта наһайити муһим *(90-сүрәт). Мундақ шәкил самолетларда, дирижаблларда, су асти кемилиридә, чапсан үзидиған деңиз һайванлирида: дельфинлар, акулилар, китларда болиду*.



90-сүрәт. *Илдамлиқлар аз болғанда қоршап ақидиған шәкилни түзүлмининң арткқи бөлигигә бериду*

Җавави қандақ?

1. *Илдамлиғи аз болған вақитта немишкә самолетниң қуйруқ бөлиги,жуқарқи тавуш илдамлиқларда тумшуқ бөлиги қоршап еқишқа қолайлиқ формида болуши керәк?*
2. *Жуқури тавушлуқ илдамлиқлар билән учидиған самолетларда реактивлиқ тартилиш күчини пәйда қилиш үчүн немишкә пропеллерларни әмәс әксинчә реактивлиқ двигательларни пайдилиниливду?*
3. *Барлиқ җисимлар үчүн һава яки суюқлуқниң қаршилиғини етиварға алмайдиған бирдәк формула немишкә йоқ?*

Жуқури тавушлуқ илдамлиқлар билән һәрикәтләнгәндә, җисимниң алдинқи тәрипидә һава қаршилиғи наһайити тез өсиду.

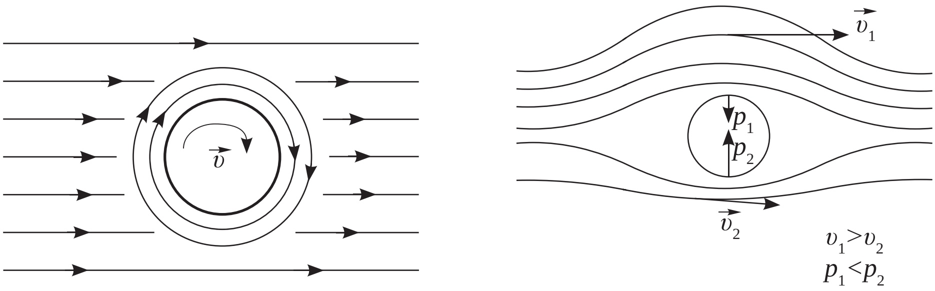
Жуқури тавушлуқ илдамлиқлар билән һәрикәтлинидиған самолетларниң, ракета билән снарядларниң тумшуқ бөләклиридә қисилған һава, җисим һәрикитиниң йөнилиши бойичә чиқалмайду, наһайити жуқури тавушлуқ тосалғулуқ пәйда болиду. Һава оқ яниң тартилған жипи охшаш, һава қаршилиғини азайтиш үчүн һәрикәттики җисимниң алдинқи бөлигини учлуқ ясаш керәк *(91-сүрәт)*.

91-сүрәт. *Жуқури тавушлуқ илдамлиқтики самолетларниң алдинқи бөлигигә қоршап еқишқа оңай шәкил берилгән*

Мошу мәхсәттә жуқури тавушлуқ илдамлиқтики самолетлар һава қаршилиғиниң зичлиғи аз болидиған егизликкә көтирилиду.

IV. Магнус эффекти. Һава циркуляцияси

Айлинидиған цилиндрниң һава еқими билән бирхил еқишини қараштурайли. Өзиниң айнилишида цилиндр һаваниң униңға тегип турған қәвәтлирини *(92, а-сүрәт)* өзгәрмә һәрикәт яситип биллә елип маңиду. Илгирилимә вә өзгәрмә һәрикәт илдамлиқлирини қошуш цилиндр әтрапидики һава еқиминиң илдамлиғиниң өзгиришигә елип келиду: $\upsilon_1 > \upsilon_2$ *(92, ә-сүрәт)*. Нәтиҗисидә ян-яқтин тәсир қилидиған бесим һәр түрлүк болиду. Бернулли қанунининң асасида бесим $p_1 < p_2$. Цилиндрға чүширилгән тәң тәсирлик күч еқиминиң йөнилишигә перпендикуляр йөнилиду вә цилиндр көтирилиду.

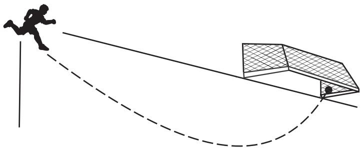


а) *ә)*

92-сүрәт. *Һава қәвитиниң циркуляцияси нәтиҗисидә көтәргүчи күчниң пәйда болуши*

Айлиниватқан поңзәк әтрапидики һава циркуляцияси униң һәрикәт йөнилишиниң өзгириши билән чүшәндүрүлиду, шуниң нәтиҗисидә футбол мәйданиниң булуңидин гол киргүзүш мүмкинчилиги пәйда болиду (93-*сүрәт)*.

Айлиниватқан җисимни һава қоршап аққанда еқимға перпендикуляр күчниң пәйда болуши Магнус эффекти дәп атилиду, у мошу һадисини тәкшүргән немис алиминиң һөрмитигә аталған.



93-сүрәт. *Магнус эффектиниң нәтиҗисидә поңзәк учуш траекториясиниң өзгириши*

Җавави қандақ?

Йеник машиниларда немишкә спойлер җайлаштурулған (94 сүрәт)?

94-сүрәт. *Спойлери бар автомашина*

2-тапшурма

Магнус эффекти байқилидиған һадисиләр тизимини давамлаштуруңлар: бумеранглиқ учуш,боран өйниң чедирини жулуп алиду, қаттиқ шамал зонтикни ағдуриду, қарғу чашқан угиси шамаллайду.

Тәкшүрүш соаллири

1. Суюқлуқниң жуқушлиғи дегинимиз немә?
2. Ички сүркилиш күчи трубилардики суюқлуқниң еқим илдамлиғиға қандақ тәсир қилиду?
3. Суюқлуқлар билән газларда һәрикәткә қарши күчләрниң пәйда болуш сәвәплирини атаңлар.
4. Суюқлуқниң жуқушлиғини қандақ ениқлайду? Уни нема билән өлчәйду?
5. Магнус эффектиниң мәнаси немидә?
6. Айлиниватқан җисим билән самолет қанатлиридики көтәргүчи күчниң пәйда болуш сәвәплириниң пәрқи қандақ?
7. Қандақ күчни бәтлик қаршилиқ күч дәп атайду? Қандақ күчни көтәргүчи күч дәп атайду?

Көнүкмә 16

1. Су билән толтурулған егизлиги 50 *см* бакниң түвидә мәйдани 1 $см^2$ төшүк бар, у бак қийилмисиниң мәйданидин бирнәччә һәссә кичик. Әгәр төшүкни ачсақ, у чағда униңдин су ақидиған болиду. Бак түвидин егизлиги 20 *см* төвән орунлашқан еқимниң қийилма мәйдани немигә тәң?
2. Фонтанниң вертикал еқиминиң тоғра қийилма мәйдани қандақ егизликтә трубиниң чиқиш төшүгидин 3 һәссә чоң болиду? Чиқиш төшүгидики суниң илдамлиғи 9 *км/с*. Һава қаршилиғини етиварға алмаңлар.
3. Су трубисида қийилмиси 4 $мм^2$ төшүк пәйда болди, униңдин вертикал жуқури қарап 80 *см* егизликкә су етилип чиқиватиду. Тәвлүк (сутка) ичидә суниң еқип кетиши қанчилик?
4. Шар турақлиқ илдамлиқ билән суюқлуқта үзүп кетип бариду, суниң зичлиғи шар ясалған материалниң зичлиғидин 4 һәссә чоң. Шарға тәсир қилидиған сүркилиш күчи мошу шарниң еғирлиғидин нәччә һәссә чоң?
5. Әгәр һаваниң динамикилиқ жуқушлиғи $1{,}2\cdot10^{-5}$ *Па·сек* тәң болса, диаметри $d = 0{,}3$ *мм* ямғур тамчисиниң әң чоң илдамлиғи қанчигә йетиши мүмкин?
6. Диаметри 1 *мм* шар майсана мейи (касторовое масло) билән толтурулған йоған қачиға 0,185 *см/сек* турақлиқ илдамлиқ билән чүшиду. Майсана мейиниң динамикилиқ жуқушлиғини ениқлаңлар. Майсана мейиниң зичлиғи 900 $кг/м^3$

Экспериментлиқ тапшурма

Магнус эффектини көрситидиған тәҗрибини чүшәндүридиған видео көрсәтмиләр (видеозапись) тәйярлаңлар.

5-бапниң йәкүни

Үзлүксизликниң тәңлимиси	$S_1\upsilon_1 = S_2\upsilon_2$
Бернулли тәңлимиси	$p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho\upsilon_1^1}{2} = p_2 + \rho g h_2 + \frac{\rho\upsilon_2^2}{2}$ $p + \rho g h_1 + \frac{\rho\upsilon_1^2}{2} = const$
Торричелли формулиси	$\upsilon_2 = \sqrt{2gh}$
Стокс формулиси	$F = 6\pi\eta r\upsilon$

Гидро вә аэродинамикиниң асасий тәңлимилири

Үзлүксиз тәңлимә: *қисилмайдиған суюқлуқниң илдамлиқлар модули еқим нәйчисиниң тоғра қийилмисиниң мәйданиға әкси пропорционал.*

Бернулли тәңлимиси: *суюқлуқниң стационар еқимидики толуқ бесим мошу еқимниң бойида турақлиқ болуп қалиду.*

Глоссарий

Вискозиметр – суюқлуқниң жуқушлиғини өлчәшкә беғишланған қурал.

Гидро вә аэродинамика – суюқлуқлар билән газларниң һәрикитини, шуниң билән биллә һәрикәтлиниватқан суюқлуқлар билән газларниң қаттиқ жисимлар билән өз ара тәсирлишишини тәкшүрәйдиған механика бөлүми.

Еқим сизиғи – бошлуқниң һәрбир чекитидә суюқлук еқими илдамлиғиниң йөнилиши билән яндашмилири дәл келидиған сизиқлар.

Еқим элементи – һәрикәт вақтида шәкил өзгиришини етиварға алмашқа болидиған суюқлуқниң (газниң) шәртлик түрдә бөлүнгән аз һәжими.

Жуқушлуқ – суюқлуқниң бир бөлигиниң башқисиға нисбәтән орун йөткишигә қаршилиқ кәлтүридиған һәқиқий суюқлуқларниң хусусийәтлири.

Идеал суюқлуқ – жуқушлиғи билән қисилиши инавәткә елинмайдиған суюқлуқ.

Муһитниң бәтлик қаршилиқ күчи – муһитниң жуқушлиғиға, шуниң билән биллә жисимниң һәрикәт илдамлиғиға, униң өлчәмлири билән шәклигә бағлиқ.

Ламинарлиқ еқим – суюқлуқниң қәвәтлири арилашмай, бир-биригә нисбәтән серилип һәрикәтлиниши.

Стационарлиқ еқим – бошлуқниң барлиқ чекитлиридә суюқлуқ элементиниң илдамлиғи вақит өткәнсири өзгәрмәй келиши.

Суюқлуқниң стационар еқимидики толуқ бесим – салмақлиқ, статикилиқ, динамикилиқ бесимлириниң қошундиси.

Турбулентлиқ еқим – суюқлуқниң қәвәтлири арилишип қуюнға айнилиниши.

Молекулилиқ физикида иссиқлиқ җәриянлирини тәкшүрүш үчүн икки усул пайдилинилиду: статистикилиқ вә термодинамикилиқ.
Статистикилиқ усулниң асасида молекула кинетикилиқ нәзәрийәси ятиду. Ейтилған нәзәрийәдә физикилиқ җәриянларни маддиниң ички түзүлүши тоғрилиқ билим асасида қараштуриду.
Маддиниң ички түзүлүши тоғрилиқ чүшәнчини қолланмай, термодинамика қанунлириниң асаси билән системини туташ характерләйдиған параметрларни – температура, бесим вә һәҗим пайдилинип, иссиқлиқ һадисилирини тәкшүрүшкә беғишланған усулни – термодинамиклиқ усул дәп атайду.

6-БАП

МОЛЕКУЛА-КИНЕТИКИЛИҚ НӘЗӘРИЙӘНИҢ АСАСЛИРИ

Маддиниң атомлуқ түзүлүши тоғрилиқ гипотизини дәсләп Демокрит тәклип қилди. Молекулилиқ кинетикилиқ нәзәрийәни түзәштә рус алими М. Ломоносов, немис физиги Р.Клаузиус, **инглиз физиклири** *Дж.*Джоуль, *Дж.*Максвелл, австрия физиги Л.Больцман муһим роль атқурди. XX әсиргә йеқин һәр түрлүк маддиларниң молекулилириниң өлчими, уларниң массиси билән илдамлиғи өлчинип, молекулилардики атомларниң җайлишиши ениқланди, йәнә маддиларниң түзүлүшиниң молекулилиқ кинетикилиқ нәзәрийәси толуқ ениқланған.

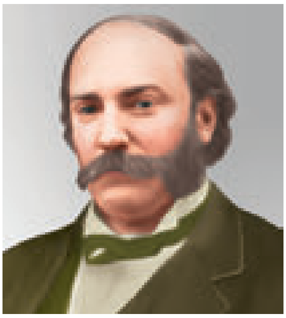
Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:
- молекулиларниң илгирилимә һәрикитиниң оттура кинетикилиқ энергияси билән температурисиниң бағлинишини тәсвирләшни;
- идеал газ моделини тәсвирләшни;
- һесапларни йешиш җәриянида молекула кинетикилиқ нәзәрийәниң асасий тәңлимилирини пайдилинишни үгинисиләр.

§ 17. Молекула кинетикилиқ нәзәрийәниң асасий қаидилири вә уларни тәҗрибидә испатлап бериш

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *МКНниң асасий қаидилириға испатлар кәлтүрүшни, иссиқлиқ һадисилирини МКНниң асасида чүшәндүрүшни, молекула массиси билән өлчәмлирини, молекула сани билән мадда мөлчәрини һесаплашни үгинисиләр.*



Джон Уильям Стретт лорд Рэлей (1842–1919) – инглиз физиги, механик, 1904-жили физика бойичә «Газ шәклидики элементлириниң зичлиғини тәкшүригини вә шуниңға бағлиқ аргон газини ачқини үчүн» Нобель мукапитини алған. 1879-жили Рэлей Кембридж университетиниң профессори вә Кавендиш лабораториясиниң директори болуп ишлиди. 1908–1919-жиллири Кембридж университетиниң президенти болди.

I. Молекула кинетикилиқ нәзәрийәниң асасий қаидилири

Диффузия вә броунлиқ һәрикәт, капилляр бойичә суюқлуқниң жуқуши билән көтирилиши, қуруши билән қайниши,суюлуши билән кристаллиниши охшаш һадисиләрни молекула кинетикилиқ нәзәрийәниң – молекула кинетикилиқ нәзәрийә вә униң үч қаидиси асасида оңай чүшәндүрүшкә болиду:

1. Барлиқ маддилар зәррилирдин – арилирида бош ариліқлири бар молекулилар билән атомлардин ибарәт.
2. Маддиниң зәррилири үзлүксиз вә рәтсиз һәрикәттә болиду.
3. Мадда зәррилири бир-бири билән өз ара тәсирлишишиду.

II. Молекула кинетикилиқ нәзәрийәниң I қаидисиниң тәҗрибилик испати

Молекула кинетикилиқ нәзәрийәниң *I* қаидисиниң ишәшлик испати молекулиларниң массилири билән өлчәмлирини баһалаш болуп тепилиду, уни инглиз физиги Дж. Рэлей испатлиған.

У олеин мейиниң тамчилири су бетидә қелинлиғи бир молекулиниң қелинлиғидәк қәвәт билән йейилиду дәп тәхминләп, униң өлчимини ениқлиди:

$$d = \frac{V}{S},$$

буниңдики d – молекула диаметри, V – йейилған тамчиниң һәҗими, S – тамчиниң мәйдани.

Молекулиниң һәҗимини $V_0 = d^3$ дәп елип, маддиниң барлиқ һәҗимидики молекулилар санини ениқлиди:

$$N = \frac{V}{V_0}$$

Тамчә массиси билән у йәрдики молекулилар сани мәлум болғанда, Дж. Релей бир молекулиниң массисини һесаплап чиқарди:

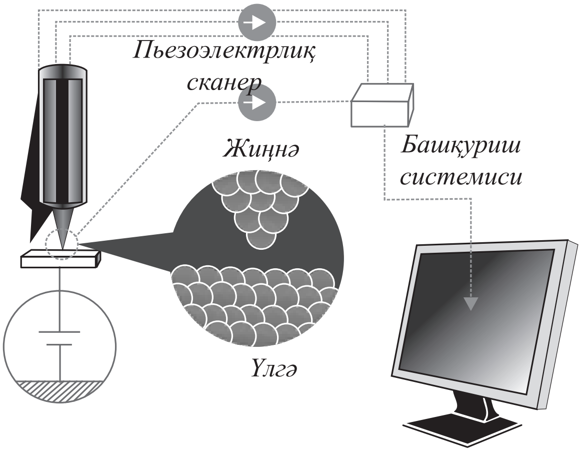
$$m_0 = \frac{m}{N}.$$

Рэлей усули бойичә жүргүзүлгән тәҗрибә молекула өлчими тәхминән 10^{-9} *м,* униң массиси тәхминән 10^{-26} *кг* екәнлигини көрситиду.

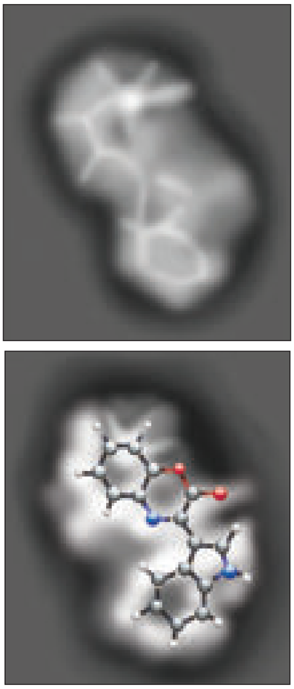
Алимлар электронлуқ, униңдин кейин тунельлиқ микроскопларни ойлап тапқанда, МКН биринчи қаидисиниң дуруслиғиға һечқандақ гуман қалмиди.

Һәрикәтлиниш принципи маддиларниң бәтлирини сканерләшкә асасланған тунельлиқ микроскопниң ярдимидә, молекулилар билән атомларниң орунлишишиниң-сүрәтлири елинған *(95-сүрәт)*.

Сканерләйдиған тунельлиқ микроскопниң металл жиңниси объектниң үстидә нанометрдин кичик арилиқта *тейилиду (96-сүрәт)*. Һәрикәт вақтида жиңнигә аз потенциал берилиду, нәтижисидә жиңнә билән үлгә арисида тунельлиқ ток түзүлиду – үлгидики электронлар жиңнигичә арилиқни җүрүп өтүп, жиңнигә өтиду. Электронлар сани жиңнә учиғичә арилиққа бағлиқ, шуниң үчүн тунельлиқ токниң миқдарини ениқлап, алимлар үлгә бетидики рельефниң қандақ екәнлигини чүшәнди. 1986-жили Цюрихтики *IBM* компаниясиниң тәкшүрүш мәркизиниң хизмәтчилири Г.Бинниг билән Г.Рорерға мошу утуқлири үчүн Нобель мукапити берилди.



96-сүрәт. *Тунельлиқ микроскопниң һәрикәтлиниш принципи*



95-сүрәт. *Маддидики молекулиларниң орунлишиш сүрити*

Нәзәр селиңлар!

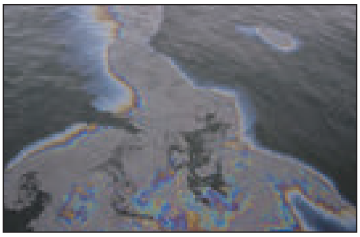
1. Нефтьниң 1 *т*-си муһит бетигә 1/16 *мкм* непиз қәвәт түридә йейилип, 12 *км*^{2} мәйданни егилиди.

III. Нисбий молекулилиқ вә мольлуқ масса, мадда мөлчәри. Авогадро сани

Нисбий молекулилиқ масса, мольлуқ масса, мадданиң мөлчәри вә уларниң өлчәм бирликлири Өлчәмләр вә Салмақларниң Хәлиқарилиқ Баш конференциясида киргүзүлгән. Бу өлчәмләр силәргә химия курсидин мәлум. Уларни әскә алайлуқ:

Өз тәҗрибәңлар

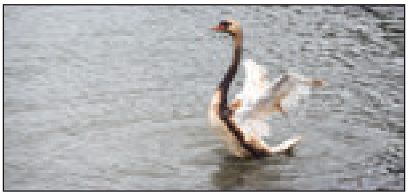
1. Молекулиниң өлчимини тәхминән 10^{-9} *м* дәп елип, дәрисликниң бир бетидики молекулилар санини ениқлаңлар.
2. Қолдин ясалған палетка ярдимидә нефть дeғиниң мәйданини ениқлаңлар. Чүширилим масштаби М 1:100000 екәнлигини инавәткә елиңлар *(97-сүрәт)*.



97-сүрәт. *Нефтьниң төкүлүши*

Җавави қандақ?

1. *Жүк көтәргүчлиги 550 миң тонна танкердин төкүлгән нефтьның мәйданини ениқлаңлар. Уни Каспий деңизиниң мәйдани билән селиштуруңлар (371000 км²).*
2. *Нефтьниңтөкүлүши қандақ экологиялик мәсилиләрни пәйда қилиду (98-сүрәт)?*



98-сүрәт. *Нефть төкүлгән мәйданда қушлар билән һайванларниң қирилиши*

8 *җәдвәл. МКН асасий миқдарлири*

Ениқлима	Формула	Өлчәм бирлик
Маддиниң нисбий молекулилик массиси M_r – берилгән мадда молекулиси массисиниң углерод атоми массисиниң 1/12 бөлигиниң нисбитигә тәң миқдар.	$M_r = \dfrac{m_0}{\frac{1}{12} m_{oC}}$	Өлчәм бирлиги йоқ
Маддиниң мөлчәри – берилгән җисимдики молекулилар саниниң 0,012 *кг* углеродтики атомлар санининң нисбитигә тәң миқдар. **Моль** – 12 *г* углеродта қанчә атом болса, тәркиви шунчә молекулидин туридиған мадда мөлчәри.	$\nu = \dfrac{N}{N_A}$ $\nu = \dfrac{m}{M}$	$[\nu] = 1$ моль
Мольлуқ масса – бир моль мөлчәридә елинған маддиниң массиси.	$M = m_0 N_A$ $M = M_r \cdot 10^{-3}\ \dfrac{кг}{моль}$	$[M] = 1\dfrac{кг}{моль}$

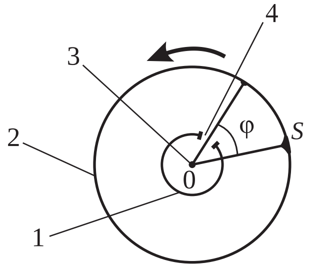
IV. Штерн тәҗрибиси МКН II қаидисиниң испати ретидә

1920-жили немис физиги Отто Штерн молекулиларниң оттура илдамлиқлирини ениқлаш үчүн тәҗрибә жүргүзди. Горизонталь тәкшилик асасиға 00_1 оқини айлинип һәрикәтлинидиған (1) вә (2) икки коаксиаллиқ цилиндрлиқ бәтләрни бәкитти *(99-сүрәт).*

Ички цилиндрниң тар төшүги (4) болиду. Барлиқ система вакуумда орунлашқан.У 00_1 оқи бойиға күмүч билән қапланған вә у жуқарқи температуриғичә қиздурулған платина сим (3) орунлаштурди. Күмүч атомлири бәттин һоға айлинип чиқип, ички цилиндрниң (1) йенидики тар төшүкләрдин өтүп, ташқи цилиндрниң ички бетигичә учуп йетип, у йәрдә төшүккә қарму-қарши тар тилимчә түридә туруп қалидиған болған. Цилиндрлар ω булуңлуқ илдамлиқ билән айналған вақитта, ташқи цилиндр, атомларға цилиндрниң икки йени арисидики арилиқни

Әстә сақлаңлар!

Һәркандақ маддиниң бир молидики молекула сани охшаш болиду, бу сан италиянлиқ алим, физик вә химик А. Авогадрониң һөрмитигә Авогадро сани дәп аталған, у $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ моль^{-1}$ -ға тәң.



99-сүрәт. *Штерн тәҗрибиси үчүн әсвапниң схемиси*

бесип өтүшкә һаҗәтлик t вақит арисида φ булуңға бурулиду. Нәтиҗисидә атомлар алдинқи тилимчидин S арилиқта сугишип кәткән тилимчиләр охшаш тинип қалған. Икки цилиндр арисидики күмүч атомлири һәрикитиниң оттура илдамлиғини Штерн төвәндикичә ениқлиди:

$$\upsilon = \frac{R - r}{t} \quad (1)$$

буниңдики R – ташқи цилиндр радиуси, r – ички цилиндр радиуси.

Күмүч тилимчиниң йөткилишини цилиндрниң айлиниш илдамлиғи арқилиқ ипадиләймиз:

$$S = \upsilon_ц t = \omega R t \quad (2),$$

буниңдики $\upsilon_ц$ – ташқи цилиндрниң айлинишиниң сизиқлиқ илдамлиғи, Штерн атомларниң цилиндрлар арисида учуш вақтини ениқлиған:

$$t = \frac{s}{\omega R}$$

Мошу ипадидики (1) формулиға қоюп, төвәндики формулини алимиз:

$$\upsilon = \frac{\omega R(R - r)}{s} \quad (3)$$

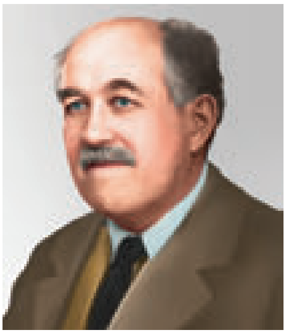
R, r, ω вә S мәналири бәлгүлүк болған вақитта, тәҗрибә йүзидә күмүч атомлири һәрикитиниң оттура илдамлиғи ениқланди, у 650 *м/сек*-қа тәң болди.

V. Молекулилар арисидики өз ара тәсирлишиш күчлири МКН III. қаидисиниң испатлимиси ретидә

100-сүрәттә графиклар берилгән: 1-график – атомлар арисидики тепилиш күчиниң, 2-график – атомларниң тартилиш күчиниң уларниң арисидики арилиққа бағлиқлиғиға мувапиқ келиду, 3-график – молекулилиқ өз ара тәсирлишишиниң нәтиҗилигүчи күчи. Графиктин $r \le r_0$ болғанда, тепилиш күчлириниң, $r \ge r_0$ болғанда тартилиш күчлириниң болидиғанлиғи көрүниду. $r = r_0$ арилиқта тартилиш вә тепилиш күчлири тәң болиду, шуниң үчүн тәң тәсирлик күч нөлгә тәң: $F = 0$.

Җавави қандақ?

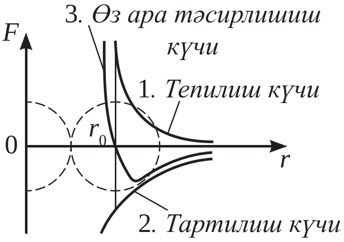
1. *Штерн тәҗрибисидә әсвап немишкә вакуумлуқ камериға орунлаштурулиду.?*
2. *Штерн тәҗрибисидә айлинидиған цилиндрниң бетигә олтурушқан күмүч қәвәтниң қелинлиғи немишкә барлиқ йәрдә охшаш әмәс?*



Отто Штерн (1888–1969) – немис физиги. 1923-жилдин башлап Гамбургтики университетиниң физика-химия лабораториясиниң профессори вә директори болған. 1933-жилдин башлап Питербургтики (АҚШ) Карнеги Технологияликинститутиниң профессори. 1943-ж. Штерн физика бойичә Нобель мукапитиға сазавәр болған.

Муһим әхбарат

Мурәккәп молекулиларниң молекулилиқ массилирини Менделеев җәдвилини пайдилинип, униңға киридиған элементрларниң нисбий атомлуқ массилирини A_r қошуш арқилиқ ениқлаймиз. Мәсилән, суниң молекулилиқ массиси (H_2O): M_r (H_2O) = $= 2Ar(H) + Ar(H) \approx 2 \cdot 1 + 16 = 18$



100-сүрәт. *Атомларниң өз ара тәсирлишиш күчиниң уларниң арисидики арилиққа бағлиқ графиги*

Күчниң ариликқа бағлиқ графиги молекула арилик күч молекулилириниң өлчәмлиригә мувапиқ келидиған ариликларда пәйда болидиғанлиғини испатлайду. Молекулиниң 2–3 өлчимигә тәң ариликларда молекулилар арисида өз ара тәсирлишиш күчи йоқ болуп кетиду.

Тәкшүрүш соаллири

1. Молекула кинетикилиқ нәзәрийәниң асасий қаидилирини тәстиқләңлар.
2. Қандақ массини нисбий молекулилиқ дәп атайду? Қандақ массини мольлуқ дәп атайду?
3. Молекула сани дәп қандақ миқдарни атайду, уни немә билән өлчәйду?
4. Штерн тәҗрибисиниң мәнаси немидә?
5. Молекулилиқ өз ара тәсирлишиш күчлириниң қандақ хусусийәтлири бар?

Көнүкмә 17

1. Инертлиқ газниң $14{,}92\cdot10^{25}$ молекулисиниң массиси 5 *кг*. Бу қандақ газ?
2. Амазонка тармиғида массиси 62,3 *кг* болидиған таза алтун тепилған. Униң мадда мөлчәрини ениқлаңлар.
3. Су бетигә тамғузған зичлиғи $\rho = 920\,\frac{кг}{м^3}$, массиси 0,023 *мг* минераллиқ май тамчиси тәшкил қилған мәйдани 60 $см^2$ болидиған бәттики молекулилар бир рәттә орунлашқан дәп, уларниң горизонтал өлчәмлирини ениқлаңлар.
4. Алюминийниң зичлиғи $2{,}7\cdot10^3\,\frac{кг}{м^3}$. 1 $м^3$ алюминийда қанчә мадда мөлчәри бар?
5. Әсвапниң айлиниш чапсанлиғи 150 $сек^{-1}$ боғанда, Штерн тәҗрибисидә күмүч һолири (парлири) молекулилириниң булуңлуқ йөткилиши 5,4° болса, уларниң илдамлиқлири қандақ болуши мүмкин? Ички вә ташқи цилиндрлар арисидики арилиқ 2 *см*.

Иҗадий тапшурма (хаһишиңларчә).

1. Нефть танкерлири билән нефть трубилирида болған аварияләрниң статистикисини тәкшүрүңлар. Мәмликәтләр билән фирмилар бойичә селиштурма җәдвәл қуруңлар (диаграмма, графиклар).
2. «Тәбиәт билән техникидики диффузияниң роли» мавзусиға әхбарат тәйярлаңлар.

§ 18. Термодинамикилиқ системилар вә термодинамикилиқ параметрлар. Термодинамикилиқ системиларниң тәңпуң вә тәңпуң әмәс һаләтлири. Температура мадда зәррилириниң иссиқлиқ һәрикитиниң оттура кинетикилиқ энергиясиниң өлчими ретидә

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *молекула кинетикалиқ нәзәрийәниң асасий тәңлимилирини һесаплар чиқарғанда пайдилинишни үгинисиләр.*

Җавави қандақ?

1. *Иссиқ су билән соғ суниң пәрқи немидә?*
2. *Әгәр иссиқ суни соғ суға арилаштурсақ, немә болиду?*
3. *Өзәңларниң җаваплириңларни тәҗрибә йүзидә тәкшүрүңлар.*

1-тапшурма

1. Термодинамикилиқ системиға мисаллар кәлтүрүңлар.
2. Термодинамикилиқ система үчүн қоршиғучи әтрап болуп тепилидиған җисимларни атаңлар.
3. Аталған миқдарлардин микроскопиялик параметрләрни таллаңлар: җисим һәҗими, молекула илдамлиғи, молекула массиси, бесим, молекулиниң һәрикәт энергияси, молекулилар сани, температура, молекула өлчими, концентрация.

I. Термодинамикилиқ системилар билән термодинамикилиқ параметрлар

Өз ара вә вә әтрап муһит билән иссиқлиқ тәсирлишиш меңип туридиған җисимларниң жиғиндисини **термодинамикилиқ система** дәп атайду. Қараштурулуватқан системиниң чегарисидин ташқири орунлашқан барлиқ җисимларни әтрап муһит дәп атайду. Бизни қоршиған җисимларниң хусусийәтлири билән һалитини характерләш үчүн микроскопиялик вә макроскопиялик параметрларға бөлүшкә болидиған физикилиқ миқдарлар пайдилинилиду.

Молекулилиқ дунияни характерләйдиған миқдарларни, мәсилән, молекулилар илдамлиғини, униң массисини, энергиясини микроскопиялик (грек. «микрос» – кичиккинә) дәп атайду.

Макроскопиялик параметрләр дәп (грек. «макрос» – чоң), пүтүн термодинамикилиқ системиларниң яки җисимларниң хусусийәтлирини, уларниң ички қурулушини етиварға алмай характерләйдиған миқдарларни атайду.

Җисимниң һалитини характерләйдиған макроскопиялик мақдарларни термодинамикилиқ параметрлар дәп атайду. Термодинамикилиқ параметрларға V һәҗим, p бесим, T температура ятиду.

II. Термодинамикилиқ тәңпуңлуқ. Температура молекулиларниң иссиқлиқ һәрикитиниң оттура кинетикилиқ энергиясиниң өлчими ретидә

Әгәр температурилири һәр түрлүк икки яки бирнәччә җисимларни бағлаштурсақ, бираз вақиттин кейин термодинамикилиқ тәңпуңлуқ орун алиду: җисимларниң температурилири охшаш болиду.

Җисимлар арисида бағлиниш орниғанда энергия алмишиш җүриду, чоң ички энергиягә егә җисимлар уни энергияси аз җисимларға бериду.

Җисим температуриси молекулиларниң иссиқлиқ һәрикитиниң энергияси билән ениқлиниду, у

молекулиларниң оттура кинетикилиқ энергиясиниң өлчими болуп һесаплиниду: молекулиларниң кинетикилиқ энергияси көп болғансири, жисимниң температурисиму жуқури болиду. Демәк, энергия қаттиқ *қиздурулған* жисимлардин аз *қиздурулған* жисимларға берилиду.

Термодинамикилиқ тәңпуңлуқ – туюқ жисимлар системисиниң барлиқ макроскопиялик параметрлириниң узақ вақит ичидә өзгәрмәй туридиған һалити.

Ташқи шәртләр өзгәрмигән вақитта һәрқандақ туюқ жисимлар системиси өзлүгидин термодинамикилиқ тәңпуңлуқ һаләткә өтиду. Иссиқлиқ тәңпуңлуқ һалитидә жисимлар охшаш температуриға егә.

Температура – макроскопиялик системиниң тәңпуңлуқ һалитини характерләйдиған физикилиқ миқдар.

III. Температурини өлчәш. Термометрларниң түрлири

Жисимларниң температурисини өлчәш үчүн термометрлар пайдилинилиду. Термометрниң жисим билән иссиқлиқ бағлинишқандин кейин, иссиқлиқ тәңпуңлуқ орниған вақитта әсвапниң көрсәткүчини алиду.

Термометр – тәкшүрүлүватқан муһит билән бағлиниш арқилиқ температурини өлчәшкә беғишланған әсвап.

Әстә сақлаңлар!

Әгәр термодинамилиқ системида униңға киридиған һәрқандақ параметри өзгиридиған болса, у чағда системида термодинамикилиқ жәриян жүрүшкә башлайду. Сиситема тәң тәңпуң әмәс һаләттә болиду.

2-тапшурма

Дәптәрлириңларға бөлмә, лабораториялик вә медицинилиқ суюқлуқ термометрларни тәсвирләңлар, уларниң асасий пәриқлирини көрситиңлар.

Жавави қандақ?

1. *Медицинилиқ термометрларда немишкә спирт әмәс симапни пайдилинилиду?*
2. *Суюқлуқ термометри нәйчисиниң диаметри немишкә охшаш болуши керәк?*
3. *Суюқлуқ термометриниң өлчәш дәллиги немишкә униң чөкүш чоңқурлуғиға бағлиқ?*

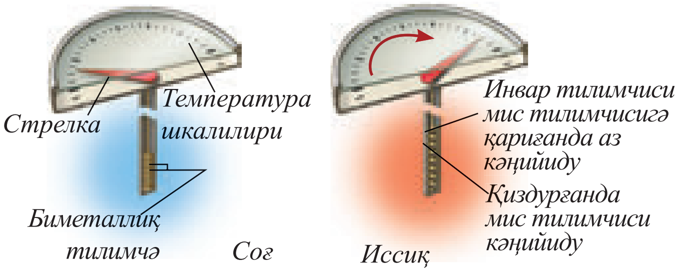
Термометрниң һәрикити асасланған физикилиқ һадисиләргә бағлиқ уларниң төвәндикичә түрлири болиду: суюқлуқ, механикилиқ, газлиқ, электрлиқ, оптикилиқ вә инфрақизил.

Суюқлуқ термометрлириниң һәрикити суюқлуқниң иссиқлиқ кәңийишигә асасланған.

Суюқлуқ термометр капилляр йепиштурулған сүзүк әйнәк резервуардин туриду. Шкала капиллярға бәкитилгән пластиниға йезилиду. Термометрлиқ суюқлуқ – жисимларниң температурисини өлчәш үчүн пайдилинилиду, униң билән резервуар вә капиллярниң бир бөлиги толтурулиду.−80°C вә 70°C арилиғидики температурини өлчәш үчүн суюқлуқ термометрини этил спирти билән, −35°C вә 750°C арилиғидики температурини өлчәш үчүн симап билән толтуриду. Суюқлуқ термометриниң өлчәш

дәллиги әсвапниң шкалисиниң қиммитигә, иссиқлиқ тәңпуңлуқниң орунлиниш вақтини дурус ениқлашқа, капилляр әйнәкчиси билән шкала йезилған пластинининиң иссиқлиқ кәңийиш коэффициентиға, өлчиниватқан муһитқа, термометрниң чөкүш чоңқурлиғиға бағлиқ.

Механикилиқ термометрлар иссиқлиқ кәңийиш коэффицентлири һәр түрлүк, бир-биригә қошулған икки металл тилимчидин туриду Пластиниларни қиздурғанда узунлуқлири һәр түрлүк болғанлиқтин биметаллиқ пластина униңдин қаттиқ бурулиду *(101-сүрәт)*. Температура қанчә жуқури болса, әсвапниң шкалисидики стрелка температуриниң шунчә чоң мәнасини көрситиду *(102-сүрәт)*.



101-сүрәт. *Механикилиқ термометрниң түзүлүши*

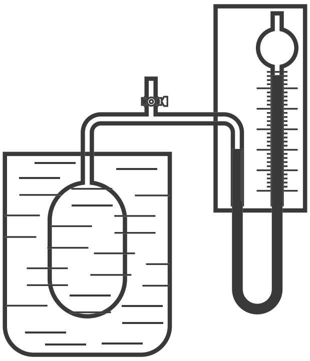
Газ термометри – инчиккә нәйчә арқилиқ манометр билән бағлинишқан газ толтурулған баллончә *(103-сүрәт)*. Баллончә, температурисини өлчәш һаҗәт жисим билән иссиқлиқ бағлинишқа әкелиду, бираз вақит өткәндин кейин газ билән жисимниң арисида иссиқлиқ тәңпуңлуқ орнайду. Температура баллончидики газниң бесими билән ениқлиниду. Манометрдики бесим шкалисини уларға мувапиқ келидиған температурилар шкалиси билән алмаштурушқа болиду. Барлиқ термометр түрлириниң ичидә газ термометрлири көрсәткүчиниң дәллиги жуқури болуп тепилиду.

Электрлиқ термометрлар яки қаршилиқ термометрлири металларниң, арилашмиларниң вә йерим өткүзгүчлүк материалларниң электр қаршилиқлириниң температуриға бағлиниши асасида ишләйду *(104, а-сүрәт)*. Улар металл симдин ясалған, учиға платинидин, күмүчтин яки алтундин ясалған ток өткүзгүч симлар чапланған спиральға охшаш болуп келиду *(104, ә-сүрәт)*. Механикилиқ зәхимлиништин вә зиянлиқ маддиларниң тәсиридин қоғдаш үчүн

Җавави қандақ?

4. *Суюқлуқ тамичисиниң температурисини суюқлуқ термометр билән дәл ениқлаш немишкә мүмкин әмәс?*
5. *Капилляр вә термометрниң шкалиси бар пластиниси ясалған маддиларниң иссиқлиқ кәңийиш коэффиценти немишкә охшаш болуши керәк?*

102-сүрәт. *Механикилиқ термометрниң шкалиси*



103-сүрәт. *Газ термометриниң түзүлүши*

термометрни нәйчигә орунлаштуриду. Платинилиқ термометрлири билән өлчинидиған температура диапазони – 190°C вә 600°C арилиғида, мислиқ термометрлириниң диапазони – 55°C вә 200°C арилиғида. Қоғушунлуқ термометрлар төвәнки температуриларни, фосфорлуқ бронза наһайити төвән температуриларни өлчәш үчүн пайдилинилиду.

3-тапшурма

Дәрисликтә кәлтүрүлгән термометрларни селиштуруп анализ ясаңлар. Термометриниң һәр түриниң пайдилиниш саһасини көрситип, җәдвәл тәйярлаңлар

а) *ә)*

104-сүрәт. *Электрлиқ термометр*

Оптикилиқ яки инфрақизил термометрлиригә тепловизор вә пирометрлар ятиду, улар җисимларниң температурилирини бағлаштурмай өлчәш үчүн пайдилинилиду (105, 106-сүрәтләр).

105-сүрәт. *Тепловизор*

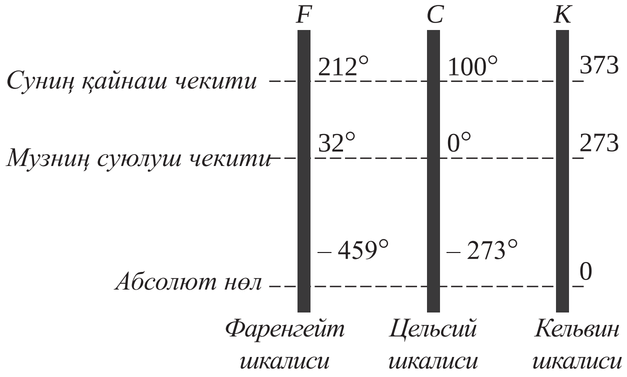
106-сүрәт. *Пирометр*

IV. Температура шкалилири

Әмәлийәттә Цельсий вә Фаренгейт температура шкалилири кәң қоллинишқа егә болди. Иссиқлиқ һадисиләрни тәкшүрүш билән характерләш үчүн Кельвин шкалиси пайдилинилиду *(107-сүрәт)*.

1742-жили швед алими А. Цельсий нормал атмосферилиқ бесимда музниң суюлуш вә суниң қайнаш температурилири реперлик чекитләр болуп тепилидиған температура

шкалисини тәклип қилди. Реперлик чекитләр дегинимиз – өлчигүч әсвапниң шкалиси чәклинидиған чекитләр. Нормал атмосферилиқ бесимда музниң суюлуш температуриси 0°С дәп, суниң қайниши 100°С дәп елиш қобул қилинған, реперлик чекитләр температурисиниң интерваллири тәң 100 бөләккә бөлүнгән.



107-сүрәт. *Термометрлар шкалиси*

Фаренгейт шкалиси – бу музниң суюлуш температуриси 32°F, суниң қайнаш температуриси 212°F болидиған, температурилар интервали 180 бөләккә бөлүнгән температура шкалиси.

Шкалини 1724-жили немис физиги Г.Фаренгейт тәклип қилған, вә һазирқи вақитта бирнәччә әлләрдә пайдилинилиду. Фаренгейт шкалиси бочийә бөләк қиммитиниң Цельсий шкалиси бойичә бөләк қиммитидин пәрқи бар:

$$1°C = 1{,}8°F$$

Кельвин яки абсолют температура шкалисини 1848-жили инглиз физиги лорд Кельвин У. Томсон тәклип қилған. У реперлик чекит ретидә соғниң чәклик дәрижиси бар жисимниң молекулилирниң илгирилимә һәрикити толуқ тохтайдиған һалитигә мувапиқ келидиған температурини алған. Мошу һаләткә мувапиқ келидиған температурини **абсолют нөл** дәп атиған.

Температуриниң абсолют нөли – **молекулиларниң илгирилимә һәрикити толуқ тохтайдиған аләмдики барлиқ физикилиқ жисимда болидиған температуриниң әң төвәнки чеки**.

Кельвин шкалисида сәлбий температура йоқ, 0 *K* – у тәбиәттики әң төвәнки температура. Һазирқи замандин абсолют нөлдин градусниң пәқәт бирнәччә

Муһим әхбарат

20°С температурини Фаренгейт шкалисида ипадиләйлуқ:

$$20\,°C = 32 + 1{,}8 \cdot 20 = 68\,°F\,.$$

Әксинчә аламаштурайлуқ:

$$68\,°F = \frac{68-32}{1{,}8} = 20\,°C\,.$$

Әстә сақлаңлар!

Фаренгейт шкалисидики температуриларни Цельсий шкалисиниң температурилириға алмаштуруш төвәндики формула бочийә орунлиниду:

$$t°C = \frac{5}{9}(t°F - 32)$$

вә әксинчә

$$t°F = 32 + \frac{9}{5}t°C$$

Жавави қандақ?

Немишкә абсолют нөлгә тәң температуриға йетиш мүмкин әмәс?

миллионлуқ үлүшигә жуқарқи температурилар елинған. Кельвин шкалисиниң бөләк қиммитини Цельсий шкалисидики градусқа тәң дәп алған.

Кельвин билән Цельсий шкалилири бойичә температурилар төвәндики нисбәт билән бағлинишқан:

$$T = (273{,}16 + t)\ K \text{ яки } t = (T - 273{,}16)°C$$

Йеқинлашқан һесаплашларда төвәндики нисбәтни пайдилишқа болиду:

$$T = (273 + t)\ K \text{ яки } t = (T - 273)°C.$$

Әстә сақлаңлар!

1954-жили өлчәмләр билән салмақларниң X Баш конференциясидә Кельвин шкалисиға иккинчи реперлик чекит киргүзүлди, у – суниң үчлүк чекитиниң температуриси, униң мәнаси 273,16 *K* дәп елинған. Үчлүк чекит температуриси вақтида су қаттиқ, суюқ вә газ охшаш һаләтләрдә болуши мүмкин.

Тәкшүрүш соаллири

1. Қандақ параметрларни микроскопиялик дәп атайду? Макроскопиялик?
2. Қандақ параметрларни термодинамикилиқ дәп атайду?
3. Температуриниң физикилиқ мәнаси немидә?
4. Термометрлар түзүлүшиниң асасиға жисимларниң қандақ хусусийәтлири елинған?
5. Термометр түрлирини атаңлар.
6. Температуриниң абсолют нөли дегән чүшәнчисини қандақ чүшинимиз?

Көнүкмә 18

1. Кәлгүси температура мәналирини Кельвинда ипадиләңлар: 20°C, 27°C, –73°C, 100°C.
2. Кәлгүси температурилирни Цельсий шкалисида ипадиләңлар: 4 K, 200 K, 440 K, 300 K.
3. Әгәр Фаренгейт шкалиси бойичә температура 84,2 F, 80,6 F, 71,6 F қа тәң болса, температурини Цельсий шкалиси бойичә ениқлаңлар.
4. 30°C; 25°C; 20°C температурини Фаренгейт шкалиси бойичә градусқа алмаштуруңлар.

§ 19. Идеал газ. Газларниң молекула кинетикилиқ нәзәрийәсиниң асасий тәңлимиси

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *идеал газ моделини характерләп; һесапларни чиқиришта молекула кинетикилиқ нәзәрийәниң асасий тәңлимисни пайдилинишни үгинисиләр.*

I. Идеал газ

Газларда болидиған иссиқлиқ җәриянларни математикилиқ түрдә характерләш үчүн *идеал газ* чүшәнчиси киргүзүлди.

Идеал газ – бу молекулилар арисида өз ара тәсирлишишниң потенциаллиқ энергиясини етиварға алмашқа болидиған; молекулилар арисидики арилиқ молекулиларниң өлчәмлиридин бирнәччә һәссә чоң болидиған газниң физикилиқ модели.

Һәқиқий шалаңлашқан газлар идеал газға охшаш болиду. Барлиқ газлар төвәнки бесим билән жуқарқи температурида хусусийәтлири бойичә идеал газларға йеқин болиду. Жуқарқи бесимларда газ молекулилири йеқинлишиду, бу һаләттә уларниң өлчәмлирини етиварға алмашқа болмайду. Температура төвәнлигәндә молекулиларниң кинетикилиқ энергияси азийиду, потенциаллиқ энергия билән селиштурушқа болиду. демәк, жукури қисимларда вә төвәнки температуриларда газни идеал дәп һесаплашқа болмайду.

Әскә чүшириңлар!

Газлардики бесим молекулиларниң урулушидин пәйда болиду
СИ системисида бесим паскаль билән өлчиниду. Мәйдани 1 $м^2$ болидиған җисимниң бетигә 1 *Н* бесим күчи тәсир қилғанда бесим 1 *Па* ға тәң.

II. МКН асасий тәңлимиси

Идеал газ бесиминиң молекулиларниң илгирилимә һәрикитиниң оттура кинетикилиқ энергиясигә бағлиқлиғини идеал газниң МКН асасий тәңлимиси дәп атайду.

Һәжими V қачида m_0 массилиқ N молекулидин туридиған идеал газ бар дәп алайли *(108-сүрәт)*.

Δt вақитқа созулидиған бир молекулиниң вертикал тамға урулуши вақтида молекула тәрипидин Ньютон қанунининң асасида җисим импульсиниң өзгиришигә тәң $F_1\Delta t$ күч импульси тәсир қилиду. Импульсниң перпендикуляр тәшкил қилғучиси тамға бесим чүшириду, демәк:

$$F_1\Delta t = m_0 \upsilon_x - (-m_0 \upsilon_x) = 2m_0 \upsilon_x \qquad (1)$$

Бесим күчиниң оттура мәнаси молекула саниға бағлиқ. Қандакту бир t вақитта тамға униңдин

$$l = \bar{\upsilon}_x t \qquad (2)$$

арилиқтики молекулилар учуп бариду.

$0x$ оқи йөнилиши билән вә униңға қариму-қарши һәрикәтлинидиған зәрриләр сани тәң, демәк тамға t вақит ичидә N урулуш алиду, у төвәндикигә тәң:

Әстә сақлаңлар!

Бесимни өлчәш үчүн системидин ташқири бирликләр пайдилинилиду: миллиметр симап столбиси (торр), атмосфера:
1 *мм.сим.ст.* ≈ 133,3 *Па*
1 *атм* = 101325 *Па* ≈10^5 *Па*

Әстә сақлаңлар!

Техникилиқ өлчәшләр үчүн 1 $см^2$ мәйданға 9,80665 *Н* күч тәсиридин болидиған бесим – техникилиқ атмосфера (ат) дәп қобул қилинған.

$$N = \frac{1}{2}nV = \frac{1}{2}nSl = \frac{1}{2}nS\bar{\upsilon}_x t \qquad (3)$$

буниңдики n – бирлик һәҗимдики моекула сани; $Sl = V - N$ молекулилиридин туридиған газниң һәҗими. *t вақит ичидә тамға урулидиған молекулиларниң күч импульси*:

$$Ft = N \cdot 2m_0\bar{\upsilon}_x = \frac{1}{2}nS\bar{\upsilon}_x t \cdot 2m_0\bar{\upsilon}_x = nm_0 S\bar{\upsilon}_x^2 t\,, \quad (4)$$

буниңдики $\bar{\upsilon}_x^2$ – молекулилар һәрикитиниң оттура квадратлиқ илдамлиғи.

Молекулилар һәрикитиниң барлиқ йөнилишлири тәң болғанлиқтин, төвәндикичә йезишқа болиду:

$$\bar{\upsilon}_x^2 = \bar{\upsilon}_y^2 = \bar{\upsilon}_z^2\,.$$

$\bar{\upsilon}^2 = \bar{\upsilon}_x^2 + \bar{\upsilon}_y^2 + \bar{\upsilon}_z^2$ илдамлиқ модулиниң униң координата оқлириға проекциялири билән нисбитини етиварға елип язидиған болсақ:

$$\bar{\upsilon}_x^2 = \frac{1}{3}\bar{\upsilon}^2\,. \qquad (5)$$

(4) вә (5) ипадиләрниң асасида күч импульси үчүн бесим кәлгүси түрдә йезилиду:

$$Ft = \frac{1}{3}nm_0 S\bar{\upsilon}^2 t\,. \qquad (6)$$

(6) тәңлиминиң икки тәрипини St-ға бөлсәк:

$$\frac{F}{S} = \frac{1}{3}nm_0\bar{\upsilon}^2\,. \qquad (7)$$

$p = \frac{F}{S}$ тәңлигини етиварға елип, (7) тәңлимисини төвәндики түрдә язимиз:

$$p = \frac{1}{3}nm_0\bar{\upsilon}^2\,. \qquad (8)$$

Молекулилар концентрацияси газниң зичлиғи билән $nm_0 = \rho$ нисбити арқилиқ бағлиқ, (8) формулисиға қойсақ:

$$p = \frac{1}{3}\rho\bar{\upsilon}^2\,. \qquad (9)$$

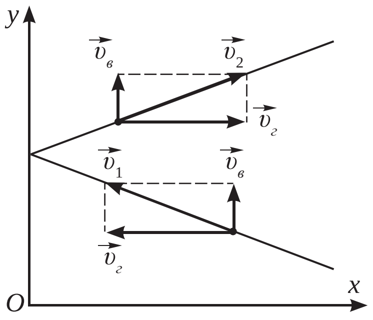
Әгәр молекулиларниң оттура кинетикилиқ энергияси $\overline{E} = \frac{m_0\bar{\upsilon}^2}{2}$ тәң екәнлигини етиварға алсақ, у чағда (8) тәңлимиси төвәндики түрдә йезилиду:

$$p = \frac{1}{3}nm_0\bar{\upsilon}^2 \cdot \frac{2}{2} = \frac{2}{3}n\frac{m_0\bar{\upsilon}^2}{2}$$

яки

$$p = \frac{2}{3}n\overline{E} \qquad (10)$$

(8), (9) вә (10) нисбәтләрни молекула кинетикилиқ нәзәрийәниң асасий тәңлимиси дәп атайду.



108-сүрәт. *Тамға әвришимлик урулуш вақтида молекула импульсиниң өзгириши*

Җавави қандақ?

1. *МКН асасий тәңлимиси немишкә пәқәт идеал газ үчүн орунлиниду?*
2. *МКН асасий тәңлимисини нәтиҗилигәндә немишкә 1/3, 1/2 көпәйтиндилири пәйда болиду?*
3. *Немишкә МКН асасий тәңлимисини микродуния билән макродуния арисидики «көрүк» дәп атайду?*

1-тапшурма

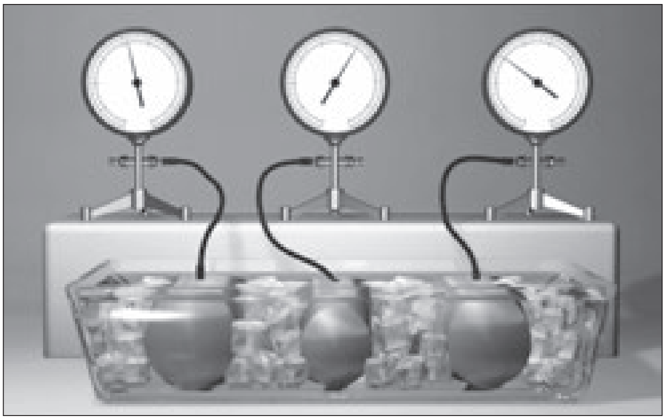
МКН асасий тәңлимисигә ятидиған миқдарларниң өлчәм бирликлири билән иш ишләңлар.
Орунлиған һәрикәтләр нәтиҗисидә һәрбир һаләттә *Па* елинидиғинини испатлаңлар.

Молекула кинетикилиқ нәзәрийәниң асасий тәңлимиси макроскопиялик параметрларни микроскопиялик параметрлар билән бағлиништуриду.

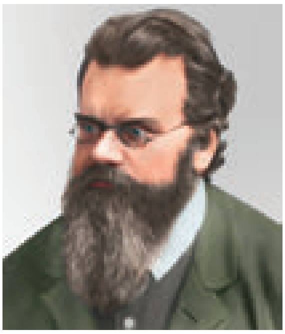
III. Энергетикилиқ температура. Больцман турақлиғи

Төвәндикичә тәҗрибә жүргүзүлди: водород, кислород вә гелий билән толтурулған һәҗимлири охшаш қачилар нормал атмосферилиқ бесимдаериватқан музға селинди *(109-сүрәт)*. Қачилардики молекулилар сани бәлгүлүк болди. Иссиқлиқ тәңпуңлуқ орниғандин кейин, $\frac{pV}{N}$ барлиқ газлар үчүн бу нисбити охшаш болди:

$$\frac{pV}{N} = 3,76 \cdot 10^{-21} \, Дж \, .$$



109-сүрәт. *Баллончидики газларниң һалитини тәкшүрүш*



Людвиг Больцман (1844–1906) – австриялик физик, теоретик, статистикилиқ механика билән МКН асасини салғучи. Австриялиқ илим академиясиниң әзаси.

Қачиларни қайниған суға орунлаштуруп, қайтидин мошу миқдарларниң нисбитини ениқлап, барлиқ газ үчүн охшаш нәтиҗә алди:

$$\frac{pV}{N} = 5,14 \cdot 10^{-21} \, Дж \, .$$

$\frac{pV}{N}$ нисбәтни

$$\frac{pV}{N} = \theta \qquad (11)$$

дәп бәлгүлиди вә θ миқдарини *энергетикилиқ температура* дәп атиди. Энергетикилиқ температура вә Кельвин шкалиси бойичә температура

$$\theta = kT \qquad (12)$$

Җавави қандақ?

Немишкә энергетикилиқ температура әмәлий қоллинишқа егә болмайду?

Әстә сақлаңлар!

Больцман турақлиғи джоульда ипадиләнгән энергетикилиқ температурини Кельвин шкалисиниң градусида өлчәйдиған температура билән бағлиништуриду: $\theta = kT$

2-тапшурма

1. 300 *K* температура вақтида азот, водород, су һори молекулилириниң һәрикәт илдамлиғини ениқлаңлар.

нисбити билән бағлиништа, бунидики k – *Больцман турақлиғи* дәп атилидиған пропорционаллик коэффициенти. K мәнасини һесаплайлуқ:

$$\theta_{100} - \theta_0 = k\,(T_2 - T_1) \qquad (13)$$

$$k = \frac{\theta_{100} - \theta_0}{T_2 - T_1} = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\,\frac{Дж}{K}$$

IV. Температура – молекулиларниң илгирилимә һәрикитиниң оттура кинетикилиқ энергиясиниң өлчими

Җисим температуриси молекулилар һәрикитиниң оттура кинетикилиқ энергияси билән һәрикәт илдамлиғиға бағлиқ.

МКН асасий тәңлимисини пайдилинип, төвәндики миқдарларниң нисбитини алимиз:

$$p = \frac{2}{3} n\overline{E} \qquad (14)$$

Ениқлима бойичә мадда молекулисиниң концентрацияси төвндикигә тәң:

$$n = \frac{N}{V} \qquad (15)$$

(14) билән (15) формулилардин:

$$p = \frac{2}{3} n\overline{E} = \frac{2}{3}\frac{N}{V}\overline{E} \qquad (16)$$

алимиз.

(16) уни түрләндүрсәк:

$$\frac{pV}{N} = \frac{2}{3}\overline{E} \qquad (17)$$

(11) билән (12) дин төвәндики ипадини алимиз:

$$\frac{pV}{N} = kT \qquad (18)$$

(17) билән (18) тәңлимиләрниң оң тәрәплирини тәңләштүрүп, кәлгүси ипадини алимиз:

$$\frac{2}{3}\overline{E} = kT$$

яки

$$\overline{E} = \frac{3}{2} kT \qquad (19).$$

(19) формулидин молекулиларниң хаослуқ һәрикитиниң оттура кинетикилиқ энергияси билән абсолютлуқ температура арисидики бағлинишлиқ тоғра пропорционал болидиғанлиғи келип чиқиду.

Җавави қандақ?

1. *Молекулилар һәрикитиниң оттура квадратлиқ илдамлиғи билән җисим температуриси арисида қандақ бағлинишлиқ бар?*
2. *Молекулилар һәрикитиниң оттура квадратлиқ илдамлиғи 1,2 һәссә ашқанда җисим температуриси қанчә һәссә көпийиду?*
3. *Молекулиларниң оттура квадратлиқ илдамлиғи 20%-қа өссә, җисимниң температуриси нәччә процентқа көпийиду?*

Җавави қандақ?

Немишкә бирдәк бесимда вә температурида барлиқ газларниң молекулилиририниң концентрацияси бирдәк болиду?

Температура – молекулиларниң илгирилимә һәрикитиниң оттура кинетикилиқ энергиясиниң өлчими.

VI. Молекулилар һәрикитиниң оттура квадратлиқ илдамлиғи вә җисим температуриси

$\bar{E}=\frac{m_0\bar{\upsilon}^2}{2}$ вә $\bar{E}=\frac{3}{2}kT$ тәңлимилириниң оң тәрәплирини тәңләштүрүп, молекулиларниң оттура квадратлиқ илдамлиғини һесаплаш формулисини алимиз:

$$\frac{m_0\bar{\upsilon}^2}{2}=\frac{3}{2}kT,$$

буниңдин чиқидиғини:

$$\bar{\upsilon}=\sqrt{\frac{3kT}{m_0}}. \qquad (20)$$

Елинған формулидики томур астидики ипадини Авогадро саниға көпәйтимиз вә бөлүмиз:

$$\bar{\upsilon}=\sqrt{\frac{3kT}{m_0}}=\sqrt{\frac{3kTN_A}{m_0N_A}},$$

$$\bar{\upsilon}=\sqrt{\frac{3RT}{M}}. \qquad (21)$$

буниңдики $R=kN_A=1,38\cdot10^{-23}\frac{Дж}{К}\cdot6,02\cdot10^{23}моль^{-1}=8,31\frac{Дж}{К\cdot моль}$ – универсал газ турақлиғи.

Тәкшүрүш соаллири

1. Идеал газ қандақ хусусийәтләргә егә?
2. Бесимниң өлчәм бирлигини атаңлар.
3. МКН асасий тәңлимиси қандақ параметрларни бағлаштуриду?
4. Больцман турақлиғиниң физикилиқ мәнаси немидә?

Көнүкмә 19

1. Һәҗими $V = 1$ *л* қачида массиси 2 *г* водород бар. Әгәр водород молекулилириниң оттура квадратлиқ илдамлиғи υ = 400 *м/сек* болса, водородниң бесимини ениқлаңлар.
2. Бәлгүлүк бир шәртләрдә водород зичлиғи $\rho_1=0,09\frac{кг}{м^3}$. Әгәр мошу шәрт бойичә метанниң зичлиғи $\rho_2=0,72\frac{кг}{м^3}$ болса, у чағда униң мольлуқ массисини ениқлаңлар.

3. Газ зичлиғи $\rho = 3{,}3\frac{кг}{м^3}$, температуриси t = 17°C. Әгәр молекула массиси $m_0 = 6{,}6 \cdot 10^{-27}$ *кг* болса, газ бесимини ениқлаңлар. Бу қандақ газ?
4. Һәҗими V = 13,8 *л* қачида орунлашқан бесим p = 100 *кПа* идеал газниң $N = 2 \cdot 10^{22}$ молекулисиниң температурисини ениқлаңлар.
5. Әгәр T = 300 *K* температура вақтида газниң зичлиғи $\rho = 1{,}2\frac{кг}{м^3}$, молекулиларниң оттура квадратлиқ илдамлиғи $\upsilon = 500$ *м/сек* болса, идеал газ молекулисиниң концентрациясини ениқлаңлар.

Иҗадий тапшурма.

Алимлар тоғрилиқ әхбарат тәйярлаңлар (өз хаһишиңлар бойичә):
1. А. Цельсий, Г. Фаренгейт, У. Томсон, Л. Больцман.
2. Суюқлуқ вә униң репер чекитлирини таллап елип, өзәңларниң термометр шкалисини ясаңлар. Температура мәналирини Цельсий бойичә градусларға алмаштуруш формулисини йезиңлар. Қайси шкалисини көрситиши ениқ болиду?

6-бапниң йәкүни

Нисбий молекулярлиқ вә молярлиқ масса	МКН асасий тәңлимиси	Турақлиқ миқдарлар
Нисбий молекулярлиқ масса $M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0C}}$ Мольлуқ масса $M = M_r \cdot 10^{-3} \frac{кг}{моль}$ $M = m_0 N_A$ $M = \frac{m}{\nu}$ Газлар арилашмилири үчүн $M = \frac{m_1 + m_2 + ... + m_n}{\nu_1 + \nu_2 + ... + \nu_n}$ Молекула массиси $m_0 = \frac{m}{N}$	$p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{\upsilon}^2$ $p = \frac{1}{3} \rho \bar{\upsilon}^2$ $p = \frac{2}{3} n \bar{E}$ $p = nkT$	Больцман турақлиғи $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{Дж}{К}$ Авогадро сани $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$ Универсал газ турақлиғи $R = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot К}$
Мадда мөлчәри	**Молекулилар һәрикитиниң кинетикилиқ энергияси**	**Нормал шараитлар**
$\nu = \frac{N}{N_A}$ $\nu = \frac{m}{M}$	$\bar{E} = \frac{3}{2} kT$ $\bar{E} = \frac{m_0 \overline{\vartheta^2}}{2}$	$T = 273\ К$, $t = 0°C$ $p = 101300\ Па =$ $= 760$ *мм. сим. ст.*
Молекулилар сани	**Молекулиларниң оттура квадратлиқ илдамлиғи**	**Температура шкалилири арисидики бағлиниш**
$N = \frac{m}{M} N_A$ $N = \nu N_A$ $N = \frac{m}{m_0}$ $N = \frac{V}{V_0}$	$\bar{\vartheta} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$ $\bar{\vartheta} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$	Кельвин вә Цельсий $T = (273 + t)\ К$, $T = (T - 273)°C$ Цельсий вә Фаренгейт $t^o C = \frac{5}{9}(t^o F - 32)$ $t^o F = 32 + \frac{9}{5} t^o C$

МКН асасий қаидилири билән қанунлири

МКН үч қаидиси:

1. Барлиқ маддилар зәрриләрдин – арилирида ариліқлар бар молекулилар билән атомлардин туриду.
2. Маддиларниң зәррилири үслүксиз вә хаотикилиқ һәрикәттә болиду.
3. Мадда зәррилири бир-бири билән өз ара тәсирлишиду.

Авогадро қануни:

Охшаш бесим билән температурида газниң охшаш һәҗимлиридики молекулилар сани тәң болиду.

Глоссарий

Идеал газ – бу молекулилар арисидики өз ара тәсирлишишниң потенциаллиқ энергиясини етиварға алмашқа болидиған, молекулилири өлчәмлирини етиварға алмашқа болидиған әвришим шарлар болуп тепилидиған газниң физикилиқ модели.

Мадда мөлчәри – берилән җисимдики молекула саниниң 0,012 *кг* углерод атомлири саниға нисбәтән тәң миқдар.

Макроскопиялик параметрлар – җисимларниң хусусийәтлирини уларниң ички түзүлүшини етиварға алмай характерләйдиған миқдарлар.

Микроскопиялик параметрлар – молекулилиқ аләмни мәсилән, молекулиларниң илдамлиғини, массисини, энергиясини характерләйдиған миқдарлар.

Моль – 12 *г* углеродта қанчә атом болса, шунчә молекулидин туридиған мадда мөлчәри.

Моллуқ масса – бир моль мөлчәридә елинған маддиниң массиси.

Маддиниң нисбий молекулилиқ массиси M_r – берилгән мадда молекулисиниң массисиниң углерод атоми массисиниң 1/12 бөлигигә нисбәтән тәң миқдар.

Температура – макроскопиялик системиниң термодинамикилиқ тәңпуңлуқ һалитини характерләйдиған физикилиқ миқдар.

Температуриниң абсолют нөли – молекулиларниң илгирилимә һәрикити толуқ тохтайдиған аләмдики барлиқ физикилиқ җисимларда болидиған температуриларниң әң төвәнки чеки.

Термодинамикилиқ параметрлар – җисимниң һалитини характерләйдиған макроскопиялик миқдарлар: бесим, һәҗим, температура.

Термодинамикилиқ тәңпуңлуқ – туюқ җисимлар системисиниң барлиқ макроскопиялик параметрлириниң узақ вақит бойи өзгәрмәйдиған һалити.

Термометр – тәкшүрватқан муһит билән бағлиниш арқилиқ темпертурини өлчәшкә беғишланған әсвап.

ГАЗ ҚАНУНЛИРИ

Газ қанунлири молекула кинетикилиқ нәзәрийә пәйда болмастин бурун тәҗрибилик усуллар билән ениқланған. Бу қанунлар реал газларни идеал газға йеқинлаштуруп елинған шараитта жуқури температура билән төвәнки бесим вақтида ясалған тәҗрибиләр нәтиҗисидә ечилған. Йәр атмосферисини тәшкил қилидиған азот билән кислород газлири адәттики шараитларда йетәрлик дәриҗидә идеал газлар ретидә қараштурлиду.

Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:

- һесаплар чиқиришта идеал газ һалитиниң тәңлимисини пайдилинишни;
- температура турақлиқ болған вақтида бесимниң һәҗимгә бағлинишлиғини тәкшүрүшни (Бойл – Мариотт қануни);
- бесим турақлиқ болған вақтида газ һәҗиминиң температуриға бағлинишлиғини тәкшүрүшни (Гей-Люссак қануни);
- һәҗим турақлиқ болған вақтида бесимниң температуриға бағлинишлиғини тәкшүрүшни (Шарль қануни);
- санлиқ вә графикилиқ һесапларни йешиштә газ қанунлирини пайдилинишни үгинисиләр.

§ 20. Идеал газ һалитиниң тәңлимиси

Күтүлидиған нәтиҗә

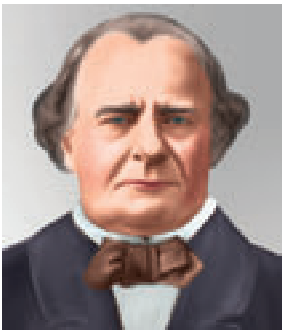
Параграфни өзләштүргәндә:

- *һесапларни чиқарғанда идеал газ һалитиниң тәңлимисини қолнинишни үгинисиләр.*

Әстә сақлаңлар!

Универсал газ турақлиғиниң мәнаси:

$$R = 8,31\frac{Дж}{К \cdot моль}.$$



Бенуа Поль Эмиль Клапейрон (1799–1864) – француз физиги вә инженер. 1834-жили Бойль – Мариотт, Гей Люссак вә Авогадро қанунлирини бириктүридиған идеал газ һалитиниң тәңлимисини йәкүнләп чиқарған, уни 1874-жили Д.И.Менделеев умумлаштурған. Маддиниң суюлуш вә қайнаш температуриси билән бесим арисидики бағлинишни орнитидиған тәңлимини йәкүнләп чиқарған. Дәсләпки термодинамикилиқ җәриянни (процесс) pV диаграммисида тәсвирләп, термодинамикиға графикилиқ усулни киргүзди.

I. Идеал газ һалитиниң тәңлимиси

Газниң қандақту бир массисиниң һалити үч параметрниң мәнаси билән ениқлиниду: бесим p, һәҗим V вә температура T. *Мошу параметрларниң бириниң өзгириши башқа параметрларниң өзгиришигә елип келиду.*

Термодинамикилиқ параметерларни өз ара бағлаштуридиған тәңлимини газ һалитиниң тәңлимиси дәп атайду.

МКН асасий тәңлимисидин газ һалитиниң параметрлириниң нисбитини алимиз:

$$p = nkT. \qquad (1)$$

(1) тәңлимигә концентрацияни һесаплаш формулисини:

$$n = \frac{N}{V} \qquad (2)$$

вә мадда мөлчәри арқилиқ ипадиләнгән маддидики молекулилар санини:

$$N = \nu N_A, \qquad (3)$$

қоюп төвәндики ипадини алимиз:

$$pV = \frac{m}{M}kN_A T \qquad (4)$$

Больцман турақлиғиниң Авогадро саниға көпәйтиндисини универсал газ турақлиғи билән алмаштуримиз:

$$R = kN_A = 8,31\frac{Дж}{К \cdot моль}. \qquad (5)$$

(5) тәңлимини етиварға елип, (4) тәңлимини төвәндикичә язимиз:

$$pV = \frac{m}{M}RT. \qquad (6)$$

(6) тәңлимә идеал газ һалитиниң тәңлимиси болуп тепилиду, уни Менделеев Клапейрон тәңлимиси дәп атайду.

II. Газ һалитиниң тәңлимиси билән бириккән газ қануни

Газ һалитиниң тәңлимиси бир һаләтниң параметрлири арисидики бағлинишни ипадиләйду. Газ қанунлири газ һалити тәңлимисиниң өзгиришини ипадиләйду вә газниң дәсләпки вә ахирқи һаләтлириниң параметрлири арисида бағлиниш орнитиду.

Қандақту бир газниң икки түрлүк һалитини қараштурайли. Дәсләпки һаләтниң параметрлири: p_1,

V_1, T_1, m_1. Ахирқи һаләтниң параметрлири: p_2, V_2, T_2, m_2. Дәсләпки һаләт үчүн газ һалитиниң тәңлимиси төвәндики түрдә болиду $p_1V_1 = \frac{m_1}{M}RT_1$. Өзгәрмә миқдарларни тәңлиминиң сол тәрпигә алмаштуримиз. Шу чағда:

$$\frac{p_1V_1}{m_1T_1} = \frac{R}{M}. \quad (7)$$

Газниң ахирқи һалити үчүн миқдарларниң дәл мошуниңға охшаш нисбитини язимиз:

$$\frac{p_2V_2}{m_2T_2} = \frac{R}{M}. \quad (8)$$

(7) вә (8) тәңлимилириниң сол тәрәплирини тәңләштүримиз.

$$\frac{p_1V_1}{m_1T_1} = \frac{p_2V_2}{m_2T_2} \quad (9)$$

яки.

$$\frac{pV}{mT} = const. \quad (10)$$

Елинған тәңлимә бириккән газ қанунлириниң ипадиси, униңда термодинамикилиқ системида болидиған жәриянларни ипадиләйдиған барлиқ параметрлар бирләштүрүлгән.

Әгәр газниң дәсләпки һаләттин ахирқи һаләткә өтүши вақтида униң массиси өзгәрмисә m_1 = const, у чағда *бириккән газ қануни* төвәндики түрдә болиду:

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} \quad (11)$$

яки

$$\frac{pV}{T} = const. \quad (12)$$

Елинған (11) вә (12) ипадиләрни бириккән газ қануни яки француз физиги **Бенуа Клапейронниң** һөрмитигә *Клапейрон тәңлимиси* дәп атайду. Термодинамикилиқ параметрларниң бу нисбитини у 1834-жили эксперимент түридә алди.

Җавави қандақ?

1. *Клапейрон тәңлимисини немишкә пәқәт мадда мөлчәри турақлиқ газлар үчүн қоллинишқа болиду?*
2. *Немишкә һаләт тәңлимиси бесимниң мәнаси аз вә температуриси наһайити төвән әмәс газлар үчүн қоллинилиду?*
3. *Һаләт тәңлимисиниң газ қанунлиридин принциплиқ пәрқи немидә?*

1-тапшурма

6, 9, 11-формулилардин уларға киридиған барлиқ миқдарларни ипадиләңлар. Математика курсидин қандақ қаидиләрни қоллиниш һаҗәт?

2-тапшурма

1. Параграфниң III бөлүмини тәкшүрүңлар. Һесапларни чиқиришта газ һалитиниң тәңлимиси билән бириккән газ қанунлирини пайдилиниш бойичә әсләтмә түзүп, уни дәптириңларға йезиңлар.
2. 1 моль водород билән кислородтин туридиған арилашминиң мольлуқ массисиниң мошу газниң 0,5 моль водород вә 1,5 моль кислородттин туридиған арилашминиң мольлуқ массисидин пәрқи болидиғанлиғини испатлаңлар.

Берилгән газ массиси үчүн һәҗим билән бесим көпәйтиндисиниң абсолют температуриға болған нисбити – газ һалитигә бағлиқ турақлиқ миқдар.

III. Һесаплар чиқириш жәриянида газ һалитиниң тәңлимиси билән бириккән газ қанунини пайдилиниш

Термодинамикилиқ системиниң һалитини ипадиләйдиған бәлгүсиз параметрларни ениқлаш үчүн турақлиқларниң мәнаси бәлгүлүк болған вақитта (6) Менделеев

Клапейронниң һаләт тәңлимисини яки Клапейрон тәңлимисини (12) пайдилинилиду.

Әгәр өзгәрмәйдиған мадда мөлчәри бар системида термодинамикилиқ жәриян жүрсә, у чағда бәлгүсиз параметрларни Клапейронниң бириккән газ қанунини (11) пайдилиниш арқилиқ һесаплайду.

Әгәр системидики газ азайса яки әксинчә толтурулса Менделеев – Клапейронниң бириккән газ қанунининиң тәңлимисини (9) пайдилиниш һаҗәт.

Әгәр қандату бир қачида газларниң арилашмисини һасил қилса, у чағда моллуқ масса өзгәрмә миқдар болиду. Бу шариттта һесаплар чиқиришта төвәндики тәңлимә пайдилинилиду:

$$\frac{p_1 V_1 M_1}{T_1 m_1} = \frac{p_2 V_2 M_2}{T_2 m_2}.$$

Бу тәңлимә Менделеев – Клапейронниң газ һалитиниң тәңлимисидин елиниду. Арилашмиларниң моллуқ массиси төвәндики формула бойичә ениқлиниду:

$$M_{қошул.} = \frac{m_1 + m_2 + ... + m_n}{v_1 + v_2 + ... + v_n},$$

буниңдики $m_{1,\ ...,}\ m_n$ – арилашмини тәшкил қилидиған газлар массиси, $v_1,\dots v_n$ – арилашмидики газниң һәр түриниң мадда мөлчәри, n – арилашма тәркивигә киридиған газ сани.

Җавави қандақ?

1. *Газ арилашмисиниң моллуқ массисини немишкә арилашмини тәшкил қилидиған газларниң моллуқ массилириниң арифметикилиқ оттура мәнаси түридә ениқлашқа болмайду?*
2. *Немишкә һаләт тәңлимисини қолланған вақитта барлиқ миқдарларни СИ системисида ипадиләш һаҗәт, газ қанунлирини қоллиниш арқилиқ һесаплаш мәзгилидә физикилиқ миқдарларниң өлчәм бирликлири пәқәт дәл келиши йетәрликтур, мәсилән, һәҗим – литрда?*

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Массиси 10 *г* кислород 10°С температурида p = 0,303 *МПа* бесимда болиду. Турақлиқ бесимда қиздурулғандин кейин кислородниң һәҗими 10 *л* ашти. Униң V_1 дәсләпки һәҗими билән T_2 ахирқи температурисини ениқлаңлар.

Берилгини:	**ХБС**	**Йешилиши:**
$m = 10$ *г*	$10\cdot10^{-3}$ *кг*	$pV_1 = \frac{m}{M}RT_1$ Менделеев – Клапейрон тәңлимисидин биринчи һаләттики газ һәҗимини ениқлайли $V_1 = \frac{mRT_1}{Mp}$;
$p = 0,303$ *МПа*	$0,303\cdot10^6$ *Па*	
$t_1 = 10$°С	283 *К*	
$V_2 = 10$ *л*	$10\cdot10^{-3}$ *м*^{3}	
V_1 – ?		
T_2 – ?		

$$V_1 = \frac{10\cdot10^{-3}\,кг\cdot 8,31\frac{Дж}{моль\cdot K}\cdot 283K}{0,032\frac{кг}{моль}\cdot 0,303\cdot10^6\,Па} = 2,4\cdot10^{-3}\,м^{-3}.$$

Менделеев – Клапейрон тәңлимисидин газниң иккинчи һалити үчүн ахирқи температурини ениқлайли: $pV_2 = \frac{m}{M}RT_2$, $T_2 = \frac{pV_2}{Rm}$;

$$T_2 = \frac{0,303 \cdot 10^6\, Па \cdot 0,032 \frac{кг}{моль} \cdot 10 \cdot 10^{-3}\, м^3}{8,31 \frac{Дж}{моль \cdot K} \cdot 10 \cdot 10^{-3}\, кг} = 1,18 \cdot 10^3\, K$$

Жавави: $2,4 \cdot 10^{-3}$ м^3; $1,18 \cdot 10^3$ K.

Тәкшүрүш соаллири

1. Қандақ тәңлимини газ һалитиниң тәңлимиси дәп атайду?
2. Клапейрон алған термодинамикилиқ параметрларниң нисбити қандақ шараитта орунлиниду?
3. Клапейрон билән Менделеев – Клапейронниң бириккән газ қанунлириниң пәрқи немидә?
4. Газ һалитиниң тәңлимисиниң газ қанунидин асасий пәрқи немидә?
5. Клапейрон тәңлимисиниң орунлинишини қандақ тәҗрибилик йол билән тәкшүрүшкә болиду?

Көнүкмә 20

1. Бесими $2,3 \cdot 10^5$ *Па,* һәҗими 0,03 $м^3$, массиси 30 *г* аммиакниң NH_3 температурисини ениқлаңлар.
2. Сиғдурушлуғи 10 *л,* бесими 0,29 *МПа*, температуриси 17°С баллонда қанчилик мадда мөлчәри бар?
3. Температура 47°С, атмосферилиқ бесим 10_6 *Па* болғанда кислородниң зичлиғини ениқлаңлар.
4. Әгәр газ температураси 300 *K,* бесими $7,48 \cdot 10^5$ *Па* болса, униң 0,5 $м^3$ һәҗимидә қанчә молекула бар?
5. Газниң һәҗимини 2 һәссә азайтқанда униң бесими 120 *кПа* ашиду, абсолют температуриси болса 10 % өсти. Униң дәсләпки бесимини ениқлаңлар.
6. Баллондики газ температуриси 15°С. Әгәр газниң 40% баллондин учуп чиқип кәтсә вә мошу вақитта температура 8°С төвәнлисә, у чағда газниң бесими қанчә һәссә азийиду?

Иҗадий тапшурма

«Қисилған вә шалаңлаштурулған газларни техникида пайдилиш» мавзусиға әхбарат тәйярлаңлар.

§ 21. Изожәриянлар. Изожәриянларниң графиклири. Дальтон қануни

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:
- *температура турақлиқ болған вақтида бесимниң һәҗимгә бағлиқлиғини (Бойль – Мариотт қануни) тәкшүрүшни үгинисиләр;*
- *бесим турақлиқ болған вақтида газ һәҗиминиң температуриға бағлиқлиғини (Гей-Люссак қануни) тәкшүрүшни үгинисиләр;*
- *һәҗим турақлиқ болған вақтида бесимниң температуриға бағлиқлиғини (Шарль қануни) тәкшүрүшни үгинисиләр;*
- *санлиқ вә графикилиқ һесапларни йешиштә газ қанунлирини пайдилинишни үгинисиләр.*

1-тапшурма

1. Клапейрон тәңлимисини (1) төвәндики үч шараит үчүн түрләндүриңлар:
   T = const
   p = const
   V = const
2. Елинған нәтиҗиләрни 2, 6, 10 формулилири билән селиштуруңдар.
3. Өзәңлар язған қанунлар қандақ елинидиғанлиғини ениқлаңлар.

I. Изожәриянлар

Физика билән техникида изожәриянлар кәң қоллинишқа егә.

Изожәриян (грек тилидин isos – охшаш, тәң дегән маналирини бериду) – массиси өзгәрмәйдиған система параметрлириниң бириниң мәнаси турақлиқ болған шараитта өтидиған җәриян.

Изожәриянлар үчүн термодинамикилиқ параметрларниң икки өзгәрмиси арисидики бағлинишлиқ тәңлимисини газ қанунлири дәп атайду. Газ қанунлирини Клапейронниң бириккән газ қануниниң айрим шараитлири түридә қараштурушқа болиду:

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}. \quad (1)$$

II. Бойль – Мариотт қануни

Температура турақлиқ болғанда газ бесиминиң униң һәҗимигә бағлинишлиғини орнитидиған газ қануни *Бойль – Мариотт қануни дәп атилиду. Газ қанунининң тәңлимисини экспериментлиқ түрдә 1662-жили инглиз физиги* Роберт Бойль вә 1676-жили өз алдиға француз физиги Эдмон Мариотт ачқан.

Бойль – Мариотт қануни изотермиялик җәриянларни ипадиләйду. *Изотермиялик* җәриян – температура турақлиқ болғанда термодинамикилиқ системиниң һалитиниң өзгириш җәрияни.

Клапейрон тәңлимисидин (1) T = const газ үчүн:

$$p_1V_1 = p_2V_2 \quad (2)$$

яки

$$pV = \text{const}. \quad (3)$$

Җавави қандақ?

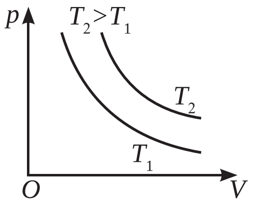
1. *Миқдарларниң тоғра вә әкси бағлинишлиғини қандақ бәлгүләр арқилиқ пәриқ қилалайсиләр?*
2. *Өзәңлар язған қанунларниң қайсисида миқдарларниң бағлинишлиғи тоғра, қайсисида – әкси?*
3. *Математикида тоғра бағлинишлиқ графигини қандақ атайду?*
4. *Әкси бағлинишлиқ графигини қандақ атайду?*

Температура турақлиқ болғанда берилгән массидики газ бесиминиң униң һәҗимигә көпәйтиндиси турақлиқ миқдар болуп қалиду.

(2) тәңлимидин идеал газ бесиминиң униң һәҗимигә экси пропорционал екәнлиги чиқиду:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}. \qquad (4)$$

Мундақ бағлинишлиқниң графиги – гипербола болиду, уни *изотерма* дәп атайду. 110-сүрәттә һәр түрлүк температура мәналирида болидиған икки җәрияннниң изотермиси тәсвирләнгән.



110-сүрәт. *Изотермилар*

III. Гей-Люссак қануни

Изобарилиқ җәриянни ипадиләйдиған газ қанунини Гей-Люссак қануни дәп атайду. Газ һәҗиминиң температуридин бағлинишлиғини экспериментлиқ түрдә тәкшүрүшни 1802-жили француз физиги Жозеф Гей-Люссак жүргүзгән.

Изобарилиқ җәриян – бесим турақлиқ болғанда термодинамикилиқ система һалитиниң өзгириш җәриянир.

p = const болғанда Клапейрон тәңлимисидин төвәндикичә йәкүн чиқиду:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \qquad (5)$$

яки

$$\frac{V}{T} = const. \qquad (6)$$

2-тапшурма

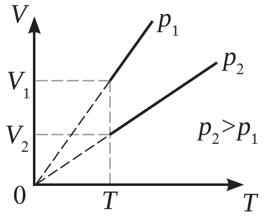
110 – 112-сүрәтләрдә тәсвирләнгән диаграммилар үчүн төвәндики шәртләр орунлинидиғанлиғини испатлаңлар:

$T_2 > T_1$

$p_2 > p_1$

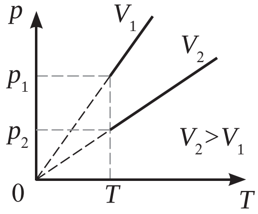
$V_2 > V_1$

Газниң массиси турақлиқ вә бесим өзгәрмәйдиған болса, униң һәҗиминиң температуриға болған нисбити турақлиқ миқдар болуп қалиду.



111-сүрәт. *Изобарилар*

(5) тәңлимидин һәҗимниң температуриға бағлинишлиғи тоғра пропорционал екәнлиги чиқиду: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$. *VT* диаграммисида бағлинишлиқ графиги координатиларниң башлиниши арқилиқ өтидиған түз сизиқни бериду *(111-сүрәт)*. *Изобарилиқ* җәриянниң графиги *изобара* дәп атилиду. Идеал газлар үчүн қоллинидиған газ қанунлири төвән температуриларда орунланмайду. Шуниң үчүн *VT* диаграммисида төвән температура мәзгилидики график үзүк сизиқлири билән тәсвирләнгән.



112-сүрәт. *Изохорилар*

IV. Шарль қануни

Һәҗим турақлиқ болғанда газ бесиминиң температуриға бағлинишини 1787-жили француз алими Жан Шарль экспериментлиқ түрдә ениқлиди, бу қанун Шарль қануни дәп атилиду.

Изохорилиқ җәриян дегинимиз – һәҗим турақлиқ болғанда термодинамикилиқ система һалитиниң өзгириш җәрияни.

V = const болғанда Клапейрон тәңлимисидин чиқиду:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \qquad (7)$$

яки

$$\frac{p}{T} = const \qquad (8).$$

3-тапшурма

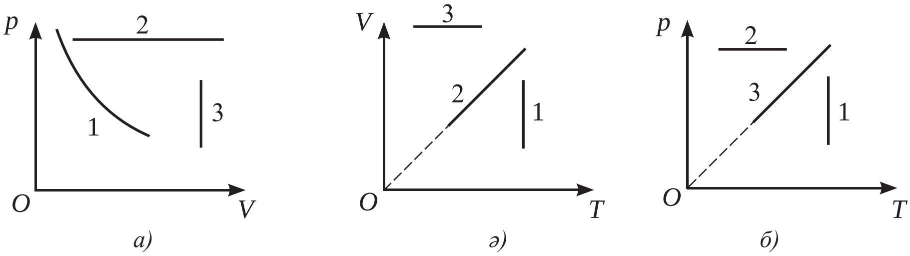
113, а, ә, б-сүрәтләрдә тәсвирләнгән диаграммиларни қараштуруңлар. Һәрбир диаграммида қандақ җәриянларниң графиги тәсвирләнгән? Җаваплириңларни асасланлар.

Газниң массиси турақлиқ вә һәҗими өзгәрмәйдиған болса, униң бесиминиң температуриға болған нисбити турақлиқ миқдар болуп қалиду.

Бесим асолют температуриға тоғра пропорционал: $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$. p бесимниң T температуриға бағлинишлиқ графиги – 112-сүрәттә тәсвирләнгән, у *изохора* дәп атилиду.

V. Изоҗәриянларни һәр түрлүк диаграммиларда графикилиқ түрдә тәсвирләш

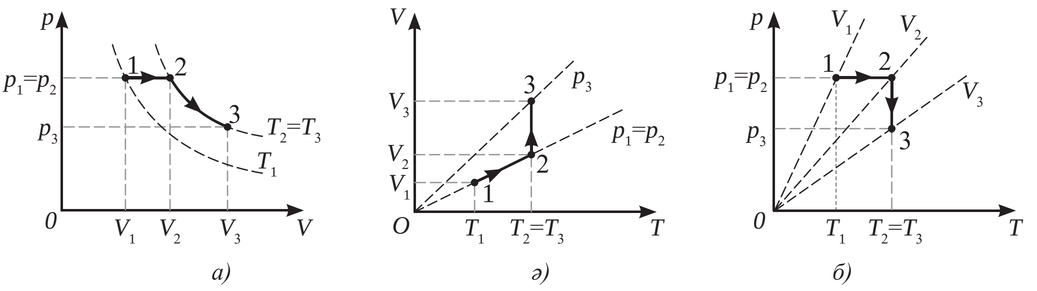
113-сүрәттә $p\,V$, VT вә pT диаграммилирида изотерма – 1, изобара – 2, изохора – 3 тәсвирләнгән.



113-сүрәт. *Изоҗәриянлар диаграммиси*

Диаграммидики һәрқандақ чекит газ һалитигә, сизиқ болса – термодинамикилиқ җәриянға мас келиду. pV диаграммисида газниң үч һалитини уларға мас келидиған $p_1T_1V_1$, $p_2T_2V_2$, $p_3T_3V_3$ параметрлири билән бәлгүләйлук *(114, а-сүрәт)*.Бир һаләттин иккинчи һаләткә өтүшниң йөнилишини көрсәткүчләр билән бәлгүләйлуқ. Диаграммини пайдилиниш қолайлиқ болуши үчүн қошумчә сизиқ – биринчи һаләттики газ температурисиға тәң T_1 температура вақтида изотерма жүргүзәйли. Диаграммидин 1-һаләттин 2-һаләткә өтүш изабарилиқ түрдә жүридиғини көрүнүп туриду $p_1 = p_2$, бу шараитта газ температуриси $T_2 > T_1$ билән һәҗими өсиду, демәк 1-һаләттин 2-һаләткә өткәндә газ изобарилиқ кәңийиду. 2-һаләттин 3-һаләткә өткәндә газ бесими азийиду: $p_3 < p_2$, һәҗими көпийиду, газ изотермиялик кәңийиду.

Газниң 1-һаләттин 2-һаләткә өтүшини, шуниңдин кейин 3-һаләткә өтүшини *VT* – диаграммисида *(114, ә-сүрәт)* вә *pT* – диаграммисида *(114, б-сүрәт)* тәсвирләшкә болиду.



114-сүрәт. *Һәрхил диаграммиларда термодинамикилиқ җәриянларни тәсвирләш 1–2 изобарилиқ улғийиш 2–3 изотермилиқ улғийиш*

VI. Дальтон қануни. Парциаллиқ бесим

Химиялик реакциягә чүшмәйдиған газлар арилашмиси үчүн качидики молекулиларниң умумий сани арилашма тәркивигә киридиған газ молекулилириниң қошундисиға тәң:

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_n.$$

Мундақ газларға мисал ретидә азот, водород вә инертлиқ газларни кәлтүрүшкә болиду.

Тәңлимини качиниң һәҗимигә бөләйлук:

$$n = n_1 + n_2 + \dots + n_n.$$

Газларниң концентрацияси үчүн елинған тәңлимини $p = nkT$ газ һалитиниң тәңлимисигә апирип қойимиз:

$$p = (n_1 + n_2 + \dots + n_n)kT.$$

Скобкиларни ачсақ: $p = n_1kT + n_2kT + \dots + n_nkT.$

Бу ипадидики қошулғучлар ариламша тәркивигә киридиған газларниң бесимини бериду, уларни *парциаллиқ бесим* дәп атайду.

Әстә сақлаңлар!

Атмосферилиқ бесим азотниң, кислородниң, су һолириниң вә һавадики барлиқ арилашмиларниң бесимидин туриду.

Парциаллиқ бесим (латин. – *partialis – парчиланған*) – арилашма тәркивидики һәрбир газниң һасил қилидиған бесими.

Арилашминиң бесими парциаллиқ бесимларниң қошундиси болуп тепилиду.

Парциаллиқ бесим берилгән газниң арилашмидики үлүшигә мас келидиған умумий бесимниң бөлигини құраштуриду.

Химиялик реакциягә чүшмәйдиған идеал газлар арилашмисиниң бесими, айрим һәрбир газниң парциаллиқ бесиминиң қошундисиға тәң болиду.

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n.$$

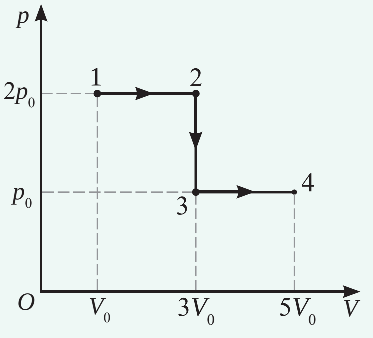
Бу қанунни 1809-жили инглиз алими **Джон Дальтон** ачти, шуниң үчүн *Дальтон қануни* дәп атилиду.

Тәкшүрүш соаллири

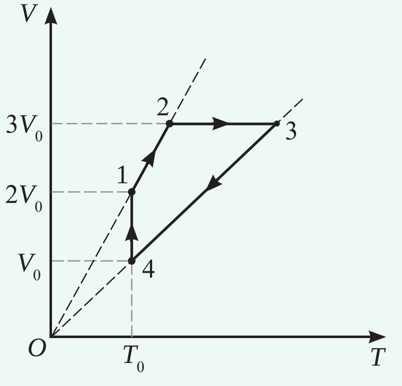
1. Изожәрияи дегинимиз немә?
2. Қандақ жәриян изотермиялик жәриян дәп атилиду? Изобарилиқ жәриян, изохорилиқ жәриян дегинимиз немә ?
3. Қандақ қанунларни газ қанунлири дәп атайду?
4. Газ қанунлирини тәрипләңлар.
5. Қандақ бесим парциаллиқ бесим дәп атилиду?
6. Дальтон, Авогадро қанунлирини тәрипләңлар.

Көнүкмә 21

1. Бесими 1 *МПа* болидиған 10 *л* һаваси бар қачини сиғдурушлуғи 4 *л* бош қача билән қошиду. Қачилардики бесимни ениқлаңлар. Жәриян изотермиялик.
2. 27°C температурида газниң һәжими 10 *л*. Униң һәжими дәсләпки һәжимидин 25%-қа кичикләш үчүн, уни қандақ температуриғичә изобарилиқ түрдә совутуш керек?
3. T = 280 *K* температурисида зич йепилған ботулка ичидики һава бесими p = 100 *кПа*. Әгәр муздәк ботулкидин пробка F = 10 *Н* күч билән чиқириш мүмкин болса, у чағда пробка ботулкидин етилип чиқиши үчүн ботулкини қандақ температуриғичә қиздуришимиз керәк? Пробка қийилмисиниң мәйдани S = 4 *см*^{2}.
4. pT вә VT диаграммилирида идеал газ билән жүргүзүлидиған жәриянларни *(115-сүрәт)* тәсвирләңлар. 4-һаләттики газниң температуриси 1-һаләттики температуридин қанчә һәссә көп?
5. *116-сүрәттә* VT координатилирида идеал газ ясайдиған цикл диаграммиси берилгән. Мошу циклниң диаграммисини pV координатисида тәсвирләңлар. Мошу циклдин әң чоң газ һәҗиминиң әң кичигигә болған нисбитини ениқлаңлар.



115-сүрәт. *4-һесапқа*



116-сүрәт. *5-һесапқа*

7-бапниң йәкуни

Менделеев Клапейронниң һаләт тәңлимиси	Бириккән газ қануни	
$pV = \frac{m}{M}RT$	**Клапейронниң**	**Менделеев Клапейронниң**
Дальтон қануни	$m = \text{const}$ $\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$ $\frac{pV}{T} = const$	$\frac{p_1V_1M_1}{T_1m_1} = \frac{p_2V_2M_2}{T_2m_2}$ $\frac{pVM}{mT} = const$
$p = p_1 + p_2 + p_3 + \ldots + p_n$		
Бойль – Мариоттниң	**Гей-Люссакниң**	**Шарльниң**
Газ қанунлири		
$m = \text{const}, T = \text{const}$ $p_1V_1 = p_2V_2$ $pV = \text{const}$	$m = \text{const}, p = \text{const}$ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ $\frac{V}{T} = const$	$m = \text{const}, V = \text{const}$ $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ $\frac{p}{T} = const$

Қанунлар

Бойль – Мариотт қануни: температура турақлиқ болғанда, берилгән массидики газ бесиминиң униң һәҗимигә көпәйтиндиси турақлиқ миқдар болуп қалиду.

Гей-Люссак қануни: газниң массиси турақлиқ вә бесим өзгәрмәйдиған болса, униң һәҗиминиң температуриға болған нисбити турақлиқ миқдар болуп қалиду.

Шарль қануни: газниң массиси турақлиқ вә һәҗими өзгәрмәйдиған болса, униң бесиминиң температуриға болған нисбити турақлиқ миқдар болуп қалиду.

Клапейронниң бириккән газ қануни: берилгән массидики газ үчүн аболют температуриға бөлүнгән һәҗим билән бесимниң көпәйтиндиси, газ һалитигә бағлинишлиқ болмайдиған турақлиқ миқдар.

Дальтон қануни: химиялик реакциягә чүшмәйдиған идеал газларниң арилашмисиниң бесими айрим һәрбир газниң парциаллиқ бесиминиң қошундисиға тәң болиду.

Глоссарий

Газ қануни – изожәриянлар үчүн термодинамикилиқ параметрларниң икки өзгәрмиси арисидики бағлинишлиқ тәңлимисии.

Газ һалитиниң тәңлимиси – термодинамикилиқ параметрларни өз ара бағлаштуридиған тәңлимә.

Изожәриянлар – массиси өзгәрмәйдиған системиниң параметрлириниң бириниң мәнаси турақлиқ болғанда өтидиған жәриян.

Изотермиялик жәриян – температура турақлиқ болғанда термодинамикилиқ системиниң һалитиниң өзгириш жәрияни.

Изобарилиқ җәриян – бесим турақлиқ болғанда термодинамикилиқ системиниң һалитиниң өзгириш җәрияни.

Изохорилиқ җәриян – һәҗим турақлиқ болғанда термодинамикилиқ системиниң һалитиниң өзгириш җәрияни.

Изобара − бесим турақлиқ болғанда берилгән массидики газниң һәҗиминиң униң температурисиға бағлиниш графиги.

Изотерма − температура турақлиқ болғанда берилгән массидики газниң қисиминиң униң һәҗимигә бағлиниш графиги.

Изохора − һәҗим турақлиқ болғанда берилгән массидики газниң қисиминиң униң температурисиға бағлиниш графиги.

Парциаллиқ бесим – арилашма тәркивидики һәрбир газниң һасил қилидиған қисими.

8-БАП

ТЕРМОДИНАМИКА АСАСЛИРИ

Термодинамика җисимларниң иссиқлик энергиясини машинининң механикилиқ энергиягә түрләндүрүш усуллири тоғрилиқ эксперементлиқ илим ретидә пәйда болған. Иссиқлиқ машинилар қол әмгигини механизацияләштә асасий роль атқурған вә атқурмақта.
Иссиқлиқ алмишиш инсанийәт өмриниң асасий җәриянлириниң бири болғанлиқтин, кейинирәк термодинамика асаслири физикиниң көп бөлүмлиригә киргүзүлди.
Термодинамика – механикилиқ вә ички энергияниң өз ара түрлиниши билән, ички энергияниң бир җисимдин башқа җисимға берилиши билән бағлинишлиқ җәриянларни тәтқиқ қилидиған физикиниң бөлүми.

Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:
- һесаплар чиқириштa бир атомлуқ вә икки атомлуқ идеал газниң ички энергиясини һесаплаш формулилирини пайдилинишни;
- термодинамикиниң биринчи қанунини изоҗәриянлар билән адиабатлиқ җәриянларға қоллинишни;
- идеал иссиқлиқ двигатель үчүн Карно циклини тәсвирләшни;
- һесаплар чиқириштa иссиқлиқ двигательниң пайдилиқ иш коэффициентини һесаплаш формулисини пайдилинишни үгинисиләр.

§ 22. Идеал газниң ички энергияси. Термодинамикилиқ иш. Иссиқлиқ мөлчәри, иссиқлиқ сиғдурушлуқ.

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *һесапларни чиқириш җәриянида бир атомлуқ вә икки атомлуқ идеал газниң ички әенергиясиниң формулилирини пайдилинишни үгинисиләр*

Әскә чүшириңлар!

(8-синип физика курсидин)
Җисимниң ички энергиясиниң өзгиришиниң икки усули;
1) механикилиқ ши шиләш;
2) иссиқлиқ берилиш.
Иссиқлиқ берилишниң үч түри:
1) иссиқлиқ өткүзгүчлүк;
2) конвекция;
3) шолилиниш

Җавави қандақ?

Мошу параграфта берилгән ички энергияни һесаплаш формулиси немишкә пәқәт идеал газлар үчүн пайдилинилиду?

1-тапшурма

1. Ички энергияниң икки түрлүк усул билән өзгиришигә мисал кәлтүрүңлар.
2. Иссиқлиқ берилишниң һәрбир түригә ениқлима берип, мисал кәлтүрүңлар.

I. Ички энергия

МКН бойичә җисимниң *ички энергияси – бу җисимларни тәшкил қилидиған зәрриләрниң өз ара һәрикәтлинишиниң потенциаллиқ энергияси билән уларниң иссиқлиқ һәрикитиниң оттура кинетикалиқ энергиясиниң қошундиси.*

Ички энергияси температуриниң, һәҗимниң функцияси $U\,(T, V)$ болиду, сәвәви зәррә һәрикитиниң энергияси җисим температурисиға тоғра пропорционал:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT \qquad (1),$$

Өз ара һәрикәтлинишниң потенцциаллиқ энергияси уларниң арисидики арилиққа, йәни җисимниң һәҗимигә бағлинишлиқ.

Қандақту бир һәҗимдики идеал газниң ички энергиясини ениқлайли. Идеал газниң өз һәркитиниң потенциалллиқ энергияси инавәткә алмиғидәк интайин аз, шуниң үчүн җисимниң ички энергияси униң һәммә молекулилириниң оттура кинетикилиқ энергиясиниң қошундисиға тәң:

$$U = N\bar{E} = \nu N_A \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2}\nu RT \qquad (2)$$

Зат мөлчәрини массиниң мольлуқ массиға нисбити билән алмаштуримиз:

$$\nu = \frac{m}{M}, \qquad (3)$$

Бир атомлуқ идеал газниң ички энергиясини һесаплаш формулисини алимиз:

$$U = \frac{3}{2}\cdot\frac{m}{M}RT\,. \qquad (4)$$

Менделеев-Клапейронниң һаләт тәңлимисини пайдилинип, бир атомлуқ газниң ички энергиясини қисим вә һәҗим арқилиқ ипадиләйли:

$$U = \frac{3}{2}pV \qquad (5)$$

Ички энергия газ бир һаләттин башқа бир һаләткә өткән чағдики өтүш җәриянига бағлиқ әмәс, у пәқәт p, V, T һаләт параметрлириға бағлиқ.

Температура өзгәргәндә газниң ички энергиясиму өзгириду, ички энергияниң өзигирши төвәндикичә:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2}\cdot\frac{m}{M}(T_2 - T_1) \text{ яки } \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T\,. \qquad (6)$$

Газниң ички энергиясиниң өзгириши җисим температурисиниң өзгиришигә тоғра пропорционал. Әгәр температура турақлиқ болса, у чағда газниң ички энергияси өзгәрмәйду.

II. Көп атомлуқ газларниң ички энергияси

Бир атомлуқ газларниң ички энергияси $i = 3$ үч әркинлик дәрижиси билән характерлинидиған атомларниң иссиқлиқ һәрикитиниң кинетикилиқ энергияси билән ениқлиниду, сәвәви бошлуқ – үч өлчәмлик. (4) вә (5) формулиларға әркинлик дәрижисиниң бәлгүсини киргүзимиз:

$$U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} RT \qquad (7)$$

яки

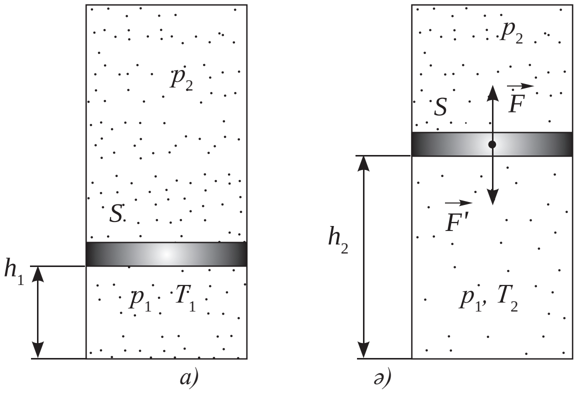
$$U = \frac{i}{2} pV , \qquad (8)$$

бу йәрдә i – әркинлик дәрижисиниң сани.

Икки атомлуқ молекулилар өзлириниң икки оқиниң әтрапида айлиниду, шуниң үчүн уларниң әркинлик дәрижисиниң сани 2 гә ашиду, $i = 5$ болиду. Үч вә униңдинму көп атомлуқ газлар үчүн молекулилар ичидики атомларниң тәврәнмә һәрикити билинишкә башлиниду. Мундақ атомларниң әркинлик дәрижиси $i = 6$ тәң болиду.

III. Кәңийиш вақтидики газниң яки һониң иши

Кәңийиш вақтидики газниң ишини ениқлайли. Газ салмақсиз поршеньниң астидики качида орунлашқан. Қиздуруш вақтида газниң қисими артиду, қисим ташқи әтрапниң қисимиға тәң $p_1 = p_2$ *(117-сүрәт)* яки $F = F'$ болғичә поршень орун йөткәйду. Йәни мошу чағда һәрикәтлинидиған молекулиларниң ички энергияси поршень һәрикитиниң механикилиқ энергиясигә айлиниду.



117-сүрәт. *Газ кәңәйгәндә иш орунлайду*

Иш – бу энергияниң бир түрдин иккинчи бир түргә айлинишиниң өлчими. Кәңәйгәндә газниң орунлайдиған: $A = F(h_2 - h_1) = pS(h_2 - h_1)$

яки:

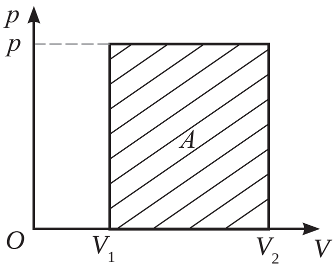
$$A = p\Delta V \qquad (9)$$

бу йәрдә p – газ қисими, S – поршень мәйдани, ΔV – поршень астидики газниң һәжиминиң өзгириши.

Ташқи күчниң иши: $A' = F'(h_2 - h_1) = -A$. Кәңийиш вақтида газниң иши $A > 0$, сиртқи қисим күчиниң иши сәлбий $A' < 0$. Қисилған чағда газ иши сәлбий, ташқи күчләрниң иши иҗабий болиду, шундақ:

$$A' = -A. \qquad (10)$$

pV-диаграммисида *(118-сүрәт)* җәриян графиги билән, абсцисса оқи билән V_1 вә V_2 чекитлиридики перпендикулярлар билән чәкләнгән мәйдан санлиқ мәнаси бойичә газ ишиға тәң.



118-сүрәт. *Диаграммидики график астидики фигурниң мәйдани санлиқ җәһәттин газниң орунлайдиған ишиға тәң*

IV. Иссиқлиқ мөлчәри. Иссиқ сиғдурушлуқ

Иссиқлиқ мөлчәри Q – иссиқлиқ берилиш вақтидики ички энергияниң өзгиришиниң санлиқ мәнаси. У джоуль билән өлчиниду.

$$[Q] = 1\ Дж.$$

Қиздуруш билән совутуш вә җисимниң фазилиқ авушуши вақтидики иссиқлиқ мөлчәрини һесаплаш формулилири силәргә 8-синипниң физика курсидин мәлум (9-җәдвәл).

Қиздуруш билән совутуш вақтидики иссиқлиқ мөлчәрини һесаплаш үчүн *маддиниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғи* киргүзүлгән. Физилиқ авушуш вақтидики иссиқлиқ мөлчәрини ениқлаш үчүн маддиниң хас иссиқлиғи қоллинилиду *(10-җәдвәл)*.

Җисимниң иссиқлиқ сиғдурушлуғини $C_{жс.}$ пайдилиниш қиздуруш вә совутуш вақтидики иссиқлиқ мөлчәрини һесаплашни йеникләштүриду.

Җисимниң иссиқлиқ сиғдурушлуғи – массиси *m җисимниң* температурисини 1 *K*-ға өзгәрткән чағда алидиған яки беридиған иссиқлиқ мөлчәри.

Җисимниң иссиқлиқ сиғдурушлуғи билән маддиниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғи төвәндики нисбәт билән бағлинишиду:

$$C_{жс.} = cm \qquad (11)$$

Җисимниң иссиқлиқ сиғдурушлуғини пайдилинсақ, иссиқлиқ мөрчәрини һесаплаш формулиси төвәндикидәк:

$$Q = C_{жс.}\,(t_2 - t_1) \qquad (12)$$

9-җәдвәл. *Иссиқлиқ мөлчәрини һесаплаш формулилири*

Җәриян	Формула
Қиздуруш билән совутуш	$Q = cm(t_2 – t_1)$
Еритиш	$Q = \lambda m$
Қетиш	$Q = –\lambda m$
Қайнитиш	$Q = r \cdot m$
Конденсация	$Q = –r \cdot m$
Отунниң көйүши	$Q = qm$

Җавави қандақ?

1. *Иссиқлиқ мөлчәри билән ишниң өлчәм бирлиги үчүн немишкә джоуль елинған?*
2. *Силәргә энерияниң системилиқ әмәс қандақ өлчәм бирлиги тонуш? Мошу өлчәм бирликлириниң джоуль билән мунасивитини көрситиңлар.*

Әстә сақлаңлар!

$1\ кал \approx 4{,}19\ Дж$

Нәзәр селиңлар!

Формулидики сәлбий бәлгү (–) энергия җисимдин башқа җисимға яки қоршиған әтрапқа берилидиғанлиғини билдүриду.

2-тапшурма

10-җәдвәлдики миқдарларға енинқлима бериңлар.

Әстә сақлаңлар!

Җисимниң иссиқлиқ сиғдурушлиғиниң өлчәм бирлиги: $[C_{ж.}] = 1\dfrac{Дж}{K}$

__10-җәдвәл.__ Физикилиқ миқдарлар вә уларниң өлчәм бирликлири

Физикилиқ миқдар	Бәлгүлиниши	Өлчәм бирлиги
Маддиниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғи	c	$[c]=1\frac{Дж}{кг\cdot K}$
Суюлушниң хас иссиқлиғи	λ	$[\lambda]=1\frac{Дж}{кг}$
Һолинишниң хас иссиқлиғи	r	$[r]=1\frac{Дж}{кг}$
Отунниң көйүшиниң хас иссиқлиғи	q	$[q]=1\frac{Дж}{кг}$

V. Иссиқлиқ баланс тәңлимиси

Температуринииң мәналири һәр түрлүк иссиқлиқ изоляцияләнгән җисимлар системисида иссиқлиқ алмишиш җәрияни маңиду. Җәриян системида иссиқлиқ тәңпуңлук орниғичә маңиду. Бу һаләттә җисимлар системиси үчүн иссиқлиқ баланс тәңлимиси орунлиниду:

$$Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n = 0, \qquad (13)$$

бу йәрдә n – системидики җисимлар сани.

Әгәр иссиқлиқ алмишиш нәтиҗисидә җисим энергия жутидиған болса, у чағда (9) тәңлимидики җисимға берилидиған иссиқлиқ мөлчәри иҗабий, әгәр җисим энергия бөлидиған болса – иссиқлиқ мөлчәри сәлбий болиду.

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Температуриси –20°C музға толуғи билән патурулған қиздурулған алюминий кубниң дәсләпки температурисини ениқлаңлар. Кубниң совуған чағдики һәҗиминиң өзгиришини етиварға алмаңлар.

Берилгини:
$t_1 = -20°C$
$c_1 = 2100\,\frac{Дж}{кг\cdot K}$
$c_2 = 4200\,\frac{Дж}{кг\cdot K}$
$\rho_1 = 900\,\frac{кг}{м^3}$
$\rho_2 = 2700\,\frac{кг}{м^3}$
$\lambda = 3{,}3\cdot 10^5\,\frac{Дж}{кг}$

$T_2 - ?$

ХБС
253 K

Йешилиши:
Куб толуғи билән музға петиши үчүн һәҗими кубниң һәҗимигә тәң музни еритиш керәк. Икки җисим үчүн иссиқлиқ баланс тәңлимисини язайли: $Q_1 + Q_2 = 0$
Бу йәрдә Q_1 – музниң 0°C-ғичә қиздурулған вә суюлуш җәриянида алған иссиқлиқ мөлчәри, Q_2 – кубни 0 °C-ғичә совутқан чағда, униңдин бөлүнидиған иссиқлиқ мөлчәри: $Q_1 = c_1m_1\,(T_{суюл.} - T_1) + \lambda m$; $Q_2 = c_2m_2\,(T_{суюл.} - T_2)$, $m_1 = \rho_1 V$, $m_2 = \rho_2 V$ болғанлиқтин, төвәндики ипадини алимиз:

$$c_1\rho_1 V\,(T_{суюл.} - T_1) + \lambda\rho_1 V + c_2\rho_2 V\,(T_{суюл.} - T_2) = 0.$$

Ахирқи тәңлимидики, скобкиларни ечип, монуни алимиз:

$$T_2 = \frac{c_1\rho_1\,(T_{суюл.} - T_1) + \lambda\rho_1}{c_2\rho_2} + T_{суюл.}\,.$$

Һесаплашлар жүргәзсәк:

$$T_2 = \frac{2100\frac{Дж}{кг\cdot K}\cdot 900\frac{кг}{м^3}(273-253)\,K + 3,3\cdot 10^5\frac{Дж}{кг}\cdot 900\frac{кг}{м^3}}{880\frac{Дж}{кг\cdot K}\cdot 2700\frac{кг}{м^3}} + 273K = 303K$$

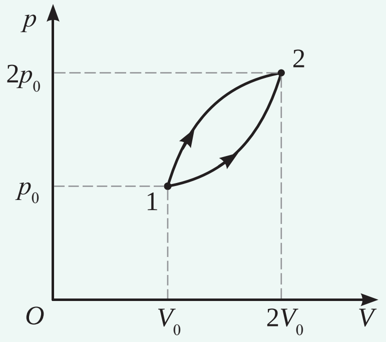
Жавави: 303 *K*.

Тәкшүрүш соаллири

1. Ички энергия дегән немә? У қандақ параметрларға бағлинишлиқ?
2. Жисимниң яки жисимлар системисиниң ички энергиясини қандақ усуллар билән өзгәртишкә болиду?
3. Иссиқлиқ бериш түрлирини атаңлар. Уларға ениқлима бериңлар.
4. Иссиқлиқ мөлчәри дегинимиз немә? Силәр иссиқлиқ мөлчәрини һесаплашниң қандақ формулилирини билисиләр?
5. Жисим иссиқлиқ сиғдурушлуғиниң маддиниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғидин пәрқи немидә?
6. Орунлинидиған ишниң физикилиқ мәнаси қандақ?

Көнүкмә 22

1. 240 *г* кислородни 100 *K*-ғичә совутқанда униң ички энергияси қандақ өзгириду?
2. Температуриси 27°C, мөлчәри 5 *моль* бир атомлуқ идеал газниң ички энергиясини ениқлаңлар.
3. Газниң ички энергиясиниң өзгириши униң 1-һаләттин 2-һаләткә өтүш усулиға бағлинишлиқ боламду *(119-сүрәт)*? Газ бир атомлуқ болса 1-һаләттин 2-һаләткә өткән чағда ички энергиясиниң өзгиришини ениқлаңлар. $p_0 = 10^5$ *Па*, $V_0 = 2$ *л*.



119-сүрәт. *3-һесапқа*

4. Дәсләпки температуриси $T = 300$ *K* болидиған 1 *моль* газ $A = 12{,}5\cdot 10^3$ *Дж* иш орунлап, изобарилиқ түрдә кәңийиду. Мошу чағда газниң һәжими нәччә һәссә өсиду?
5. Массиси $m = 220$ *г* болидиған маддиниң қандақту бир мөлчәрини $t_1 = 330$°C температуриғичә қиздуриду вә шуниңдин кейин уни массиси $m = 90$ *г* калориметрниң алюминий қачисиға салиду. Қачида температуриси $t_2 = 11{,}5$°C, массиси $m_3 = 150$ *г* су қуюлған. Массиси $m_4 = 17$ *г* әйнәк термометр билән өлчәнгән ахирқи температура $t_3 = 33{,}8$°C. Бу маддиниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғи қандақ? Термометрниң дәсләпки температуриси $t_4 = 20$°C.

§ 23. Термодинамикиниң биринчи қануни. Термодинамикиниң биринчи қанунини изожәриянларға қоллиниш. Адиабатлиқ жәриян, Пуассон тәңлимиси

Кутүлидиған нәтижә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *термодинамикиниң биринчи қанунини изожәриянлар билән адиабатилиқ жәриянқа пайдилиналайсиләр*

Жавави қандақ?

1. *Қаттиқ жисимларниң ички энергиясиниң өзгиришини немишкә пәқәт жисимға берилгән яки жисимдин бөлүнгән иссиқлиқ мөлчәрини һесаплаш арқилиқ ениқлашқа болиду?*
2. *Немишкә зәмбирәк снаряд йоқ етилғанда, снаряд бар болғанда етилғанға қариғанда қаттиғарақ қизийду?*

I. Термодинамикиниң биринчи қануни

Энергияниң берилишиниң икки усулини инавәткә елип, термодинамикиниң биринчи қанунини тәрипләйли.

Бир һаләттин иккинчи һаләткә өткән чағда жисимниң ички энергиясиниң өзгириши ΔU ташқи күчләрниң орунлайдиған иши A' билән жисимға берилгән иссиқлиқ мөлчәриниң Q қошундисиға тәң:

$$\Delta U = A' + Q \qquad (1)$$

Термодинамикиниң биринчи қануни иссиқлиқ жәриянлар үчүн энергияниң сақлиниш вә түрлиниш қануни болуп тепилиду.

Жисимниң ички энергиясиниң өзгиришиниң униң һалитигә бағлиқ ейтишқа болиду.

Жисим температурисиниң көтирилиши, униң ушшақлиниши яки чечилиши, суюлуши, қайниши, һолиниши, һәжиминиң кәңийиши ички энергияниң өсүшини көрситиду.

Әгәр бир яки бирнәччә жисимниң һалитини өзгәртиш үчүн энергия сәрип қилинса, у чағда уларниң ички энергияси өсиду.

Газниң иши билән жисимниң үстидин орунлиған ишиниң бәлгүлири қариму-қарши:

$$A = -A'.$$

Ахирқи нисбәтни пайдилинип, газлар үчүн термодинамикиниң биринчи қанунини язайли:

$$Q = A + \Delta U. \qquad (2)$$

Газ, берилгән иссиқлиқ мөлчәри энергияниң өзгиришигә вә газниң иш орунлинишиға сәрип қилиниду.

Кәңәйгәндә қаттиқ жисимларниң һәжиминиң аз өзгиришигә бағлиқ жисимларға берилгән иссқилиқ мөлчәри ички энергияниң өзгиришини ениқлайду: $Q = \Delta U$.

II. Изохорилиқ жәриян үчүн термодинамикиниң биринчи қануни

Изохорилиқ жәриян вақтида газ һәжими өзгәрмәйду, демәк газ иш орунлимайду. Термодинамикиниң биринчи қануни нөвәттики түрдә болиду:

$$V = \text{const болғанда } Q_V = \Delta U \qquad (3)$$

Елинған (3) ипадигә иссиқлиқ мөлчәрини вә ичи энергияниң өзгиришини һесаплайдиған формулиларни қойимиз: $Q_V = c_V m\Delta T,\ \Delta U = \frac{i}{2}\cdot\frac{m}{M}R\Delta T$, у чағда

$$c_V m\Delta T = \frac{i}{2}\cdot\frac{m}{M}R\Delta T.$$

Тәңлимининң икки тәрипини $m\Delta T$ ипадисигә бөлүмиз, шу чағда турақлиқ һәжим вақтидики газниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғини һесаплаш формулисини алимиз:

$$c_V = \frac{i}{2}\cdot\frac{R}{M}. \quad (2)$$

Турақлиқ һәжим вақтида идеал газниң хас иссиқлиқ: $c_V = \frac{3}{2}\cdot\frac{R}{M}$, икки атомлук газ үчүн $c_V = \frac{5}{2}\cdot\frac{R}{M}$

Жавави қандақ?

1) *Немишкә газлар үчүн хас иссиқлиқ сиғдурушлуғиниң бирнәччә мәнаси берилгән?*
2) *Газниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғи немишкә изохорилиқ жәриянға қариғанда изобарилиқ жәриян вақтида көпәрәк болиду?*

Термодинамикиниң бир қатар мәсилилирини йәшкәндә маддиниң мольлуқ иссиқлиқ сиғдурушлилиғини пайдилинилиду, у маддиниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғиниң мольлуқ массисиниң көпәйтиндисигә тәң. Турақлиқ һәжим вақтида газниң мольлуқ иссиқлиқ сиғдурушлуғи: $C_{MV} = c_V M = \frac{i}{2}\cdot\frac{R}{M}\cdot M$

$$C_M = \frac{i}{2}\cdot R. \quad (3)$$

Мольлуқ иссиқлиқ сиғдурушлук – бу маддиниң бир молиниң иссиқлиқ сиғдурушлуғи.

Өлчәм бирлиги $[C_M] = 1\frac{Дж}{кг\cdot K}\cdot\frac{кг}{моль} = 1\frac{Дж}{моль\cdot K}$

III. Изобарилиқ жәриян үчүн термодинамикиниң биринчи қануни

Изобарилиқ жәриян жәриянида елинға иссиқлиқ мөлчәри газниң ички энергиясиниң өзгиришигә вә газниң иш орунлишиға пайдилинилиду:

$$Q = \Delta U + A. \quad (4)$$

Изобарилиқ жәриян үчүн термодинамикиниң биринчи қануниға (4) иссиқлиқ мөлчәрини Q, ички энергияниң өзгиришини ΔU вә $A = p\Delta V = \frac{m}{M}R\Delta T$ ишни һесаплаш формулилирини:

$$c_p m\Delta T = \frac{i}{2}\cdot\frac{m}{M}R\Delta T + \frac{m}{M}R\Delta T, \quad (5)$$

бу йәрдә c_p – изобара жәрияни вақтидики газниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғи.

(5) тәңлимисини $m\Delta T$ ипадисигә бөлүмиз, у чағда изобарилиқ жәриян үчүн газниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғини һесаплаш формулисини алимиз:

$$c_p = \frac{i}{2}\frac{R}{M} + \frac{R}{M} = c_V + \frac{R}{M} \quad \text{яки} \quad c_p = \frac{R}{M}\left(\frac{i}{2}+1\right)$$

Турақлиқ қисим вақтила газниң мольлуқ иссиқлиқ сиғдурушлуғи:

$$C_{Mp} = R\left(\frac{i}{2}+1\right) \quad (6)$$

Изохорилиқ вә изобарилиқ җәриянлар вақтидики газниң мольлуқ иссиқлиқ сиғдурушлуқлири арисидики бағлинишни немис алими Р. Майер ипадилигән:

$$C_{Mp} = C_{MV} + R. \quad (7)$$

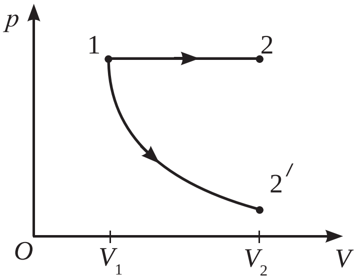
IV. Изотермилиқ җәриян үчүн термодинамикиниң биринчи қануни

Әгәр газ термпературиси өзгәрмисә, униң ички энергияси турақлиқ миқдар болиду, у чағда термодинамикиниң бириничи қануни төвәндикичә болиду:

$$Q_T = A. \quad (8)$$

Изотермилиқ җәриян вақтида газниң қисими билән һәҗими өзгириду, бу газниң ишини ениқлашни қийинлаштуриду. Сапалиқ һесаплашларда газниң ишини pV диаграммисидики фигуриниң мәйдани бойичә енқлашқа болиду.

120-сүрәттә икки җәриян көрситилгән: 1→2 изобарилиқ кәңийиш вә 1→2′ изотермилиқ кәңийиш. Бу җәриянларда газ һәҗими бирдәк мәнаға өзгириду: $\Delta V = V_2 - V_1$ Графикларда көрүнүп турғандәк, изотермилиқ җәриян вақтида орунлинидиған иш изобарилиқ җәриян вақтида орунлинидиған ишқа қариғанда азирақ: $A_T<A_p$.



120-сүрәт. *Изобарилиқ кәңәйгән чағда газниң атқуридиған иши изотермилиққа қариғанда көп*

V. Адиабатлиқ җәриян, Пуассон тәңлимиси

Адиабатилиқ җәриян иссиқлиқ изоляцияләнгән газлардила орунлиниду.

Адиабатлиқ җәриян – термодинамикилиқ системида әтраптики җисимлар билән иссиқлиқ алмишиш болмиған һаләттә орунлинидиған җәриян.

Температура өсидиған адиабатлиқ җәриянға һавалиқ от яндурғучтики көйидиған маддиниң һори билән һаваниң қисилиши яки ИЯД-ки бензин

Бу қизиқ!

Немис дохтури вә тәбиәт тәтқиқатчиси Р.Майер 1841-жили голландияликкемидә Ява арилиға кемә дохтури ретидики сәпиридә иссиқлиқ җәриянлиридики энергияниң сақлиниш қанунии ачти. Шималий вә җәнубий кәңликләрдики ағриқларниң артерия вә вена томурлиридики қанларниң рәңгини селиштуруши униң мошу йеңиликни ечишиға сәвәпкар болди. Р.Майер җанлиқ организмларда болидиған җәриянларға энергияниң сақлиниш қанунини қоллинишни қараштурған. У Йәр йүзидики күн энергиясиниң аккумулятори өсүмлүкләр екәнлигини, қалған организмларда болса униң түрлиниши орунлинидиғанлиғини ейтқан.

Нәзәр селиңлар!

Универсал газ турақлиғи турақлиқ қисимда 1 моль газниң температурисини 1 K-ға көтириш үчүн униң қандақ иш атқуриши керәклигини көрситиду. Мошуни испатлайли. Газ ишини һесаплаш формулисидин универсал газ турақлиғини ипадиләйли: $A = \nu R\Delta T$. У чағда: $R = \dfrac{A}{\nu\Delta T}$. $\nu = 1$ моль, $\Delta T = 1$ K болғанда, $R = A$.

Тапшурма

1. Тәбиәт, техника вә турмуштики изоҗәриянларға мисаллар кәлтүрүңлар.
2. Һәммә бир атомлуқ газларниң мольлуқ иссиқлиқ сиғдурушлуғи бирдәк вә изохорилиқ җәриян вақтида әң кичик мәнаға егә болидиғанлиғини испатлаңлар.

арилашмисиниң қисилиши мисал болалайду. Су һолиридин туридиған һаваниң адиабатлиқ кәңийиши нәтиҗисидә булутлар һасил болиду.

Адиабатлиқ җәриян үчүн $Q = 0$, у чағда термодинамикиниң биринчи қануни төвәндкичә болиду:

$$\Delta U = A' \quad (10)$$

яки

$$A = -\Delta U \quad (11).$$

Адиабатлиқ җәриян вақтида ташқи күчләрниң иши газниң ички энергиясиниң өсүшигә тәң (10) Адиабатлиқ җәриян вақтида газ иши пәқәт ички энергияниң кемишиниң нәтиҗисидә орунлиниду (10). Бу вақитта газ совуйду.

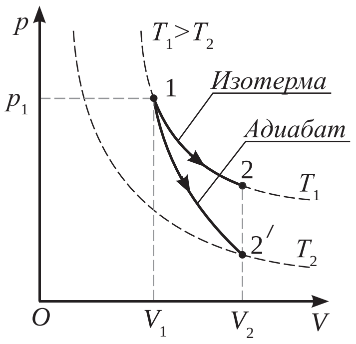
Бирдәк мәнаға өскәндә адиабатлиқ җәрияндики газниң иши изотермилиқ җәриян билән селиштурғанда аз болиду. Буниңға 122-*сүрәттики* pV-диаграммидин көз йәткүзүшкә болиду.

Адиабатлиқ җәриян үчүн Пуассон тәңлимиси орунлиниду:

$$p_1V_1^{\gamma} = p_2V_2^{\gamma} \text{ яки } pV^{\gamma} = const \text{, бу йәрдә } \gamma = \frac{c_p}{c_V}.$$

Әстә сақлаңлар!

Әгәр җәриян әтрап муһит билән иссиқлиқ алмишип үлгәрмәйдиған қисқа вақит арилиғида өтидиған болса, у чағда уни адиабатилиқ дәп санашқа болиду



***122-сүрәт.** Адиабатлиқ җәриян вақтида газниң иши изотермилиқ җәриянға қариғанда аз болиду*

VI. «Мәңгүлүк двигательни» ясаш мүмкин әмәслиги

Көплигән кәшпиятчилар «мәңгүлүк двигатель» ясашқа тәлпүнди. Һәммә тәлпүнүшлириниң нәтиҗә бәрмәслиги, термодинамикиниң биринчи қанунининң орунлинишиниң экспериментлиқ испати болди. Термодинамикиниң биринчи қанунидин $A = Q - \Delta U$ *екәнлиги чиқиду, демәк, һәрқандақ двигатель сирттин алған энергияниң* Q *яки* $Q = 0$ *болғанда өзиниң ички энергиясиниң кемишидин* $A = -\Delta U$ *иш орунлайду.*

Биринчи рәтлик мәңгүлүк двигатель – бу сирттин энергия алмай чәксиз узақ вақит иш орунлайдиған хиялдики машина.

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Поршень астида орунлашқан цилиндирдики бир атомлуқ идеал газни қиздуриду, газ 600 *Дж* иш орунлайду. Газға қанчә иссиқлиқ мөлчәри берилди?

Берилгини:
$i = 3$
$A = 600$ Дж
$Q - ?$

Йешилиши:

Термодинамикиниң I қанунининң формулисини язайли:

$Q = A + \Delta U$. (1)

Бир атомлуқ газниң ички энергияси: $\Delta U = \frac{3}{2}\frac{m}{M}RT = \frac{3}{2}p\Delta V$ (2)

Газниң иши $A = p\Delta V$. (3)

(1), (2) вә (3) тәңлимилирини қатар йешип, келәси ипадини алимиз:

$$Q=\frac{3}{2}A+A=\frac{5}{2}A\,.$$

Ишниң санлиқ мәнасини қоюп, һесаплисақ: $Q=\frac{5}{2}\cdot 600\,Дж=1500\,Дж$.

Җавави: Q = 1500 *Дж*.

Тәкшүрүш соаллири

1. Термодинамикиниң биринчи қанунини тәриплəңлар.
2. Изожәриянлар үчүн термодинамикиниң биринчи қанунини ейтип бериңлар.
3. Қандақ җәриян вақтида газниң иссиқлиқ сиғдурушлуғи көпәрәк?
4. Газниң изохорилиқ вә изобарилиқ җәриянлар вақтидики иссиқлиқ сиғдурушлуқлири арисида қандақ бағлиниши бар? Уни ким ипадилигән?
5. Мольлуқ иссиқлиқ сиғдурушлуқ дегән немә? Униң өлчәм бирлиги қандақ?
6. Универсал газ турақлиғиниң физикилиқ мәнаси қандақ?
7. Адиабатлиқ җәриян қандақ һаләттә орунлиниду?

Көнүкмә 23

1. 800 моль газни 500 *K*-ға изобарилиқ қиздуруш үчүн 9,4 *МДж* иссиқлиқ берилди. Газниң ишини вә ички энергиясиниң өзгиришини ениқлаңлар.
2. Йепиқ қачида температуриси $T=300\,K$ 4 моль аргон бар. Әгәр газға $Q=900$ Дж иссиқлиқ мөлчәри берилсә, қачидики қисим нәччә процентқа өсиду?
3. Бир *киломоль* гелий изобарилиқ кәңийиду. Газ температуриси ΔT = 30 *K* өсиду. Газниң ички энергиясиниң өзгиришини, униң орунлиған ишини вә газға берилгән иссиқлиқ мөлчәрини ениқлаңлар.
4. Газни T_1 = 288 *K* температуридин T_2 = 340 *K* температуриғичә изобарилиқ қиздурғанда Q = 5 *кДж* иссиқлиқ мөлчәри, изохорилиқ қиздурғанда Q = 3,56 *кДж* иссиқлиқ мөлчәри һаҗәт болди. Температуриси 288 K, қисими p = 19,6 *кПа* газ һәҗимини ениқлаңлар.
5. Адиабатлиқ кәңийиш вақтида газ A = 400 *Дж* иш орунлиди. Униң ички энергияси қандақ вә қанчигә өзгәрди?

Иҗадий тапшурма

Алимлар тоғрилиқ мәлумат тәйярлаңлар (хаһишиңлар бойичә): Р.Майер, Д.Джоуль, Г.Гельмгольц.

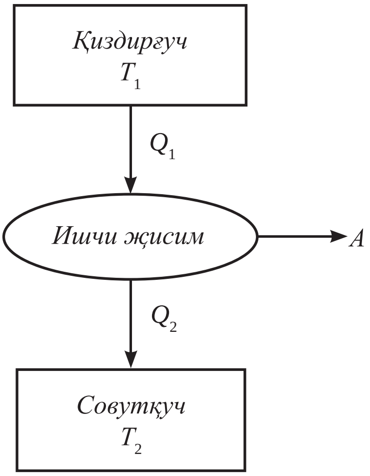
§ 24. Қайтидиған вә қайтмайдиған җәриянлар. Энтропия. Термодинамикиниң иккинчи қануни. Айланма җәриян вә униң пайдилиқ иш коэффициенти, Карно цикли

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:
- *Идеал иссиқлиқ двигатель үчүн Карно циклини тәсвирләп берәләйсиләр;*
- *һесап чиқиришта иссиқлиқ двигателиниң пайдилиқ иш коэффициентини һесаплаш формулисини пайдилиналайсиләр.*

I. Иссиқлиқ двигательларниң һәрикәтлиниш принципи

Һәрқандақ иссиқлиқ двигатель үч бөләктин: қиздурғучтин, совутқучтин, кәңийидиған яки қисилидиған ишчи җисимидин *(122-сүрәт)* туриду. Адәттә, поршени бар қачида орунлашқан газ яки һо ишчи җисиминиң ролини атқуриду. Техникилиқ мәхсити – ишчи җисиминиң қиздурғуч вә совутқуч билән новәтлишип җипсилишишқа мүмкинчилик яритиш. Қиздурғуч билән җипсилашқанда ишчи җисими кәңийиду вә иш орунлайду. Совутқуч билән җипсилашқанда ишчи җисими қисилиду, поршень дәсләпки орниға қайтип келиду, цикл йенип башлиниду: қиздурғучтин энергия алған ишчи җисими кәңийиду.



122-сүрәт. *Иссиқлиқ машининиң принципилиқ схемиси*

II. Цикллиқ җәриян. Цикл вақтидики газниң орунлайдиған иши

Икки изобара билән икки изохоридин туридиған өзгәрмә җәриянни қараштурайли *(123-сүрәт)*.

Диаграммидин газ кәңийип, санлиқ мәнаси җәһәттин *ABCD* фигурисиниң мәйданиға тәң иҗабий иш орунлайдиғанлиғини $A_1 > 0$ көримиз. Қисилғанда газниң орунлайдиған иши сан мәнаси җәһәттин *AFKD* фигурисиниң мәйданиға тәң сәлбий $A_2 < 0$ иш орунлайду. Демәк, газниң цикл бойичә орунлиған иши, газниң циклниң һәммә һаләтлиригә өткәндики графиклири билән чәкләнгән *BCKF* фигурисиниң мәйданиға тәң фигуриниң мәйданиға тәң:

$$A = A_1 - A_2. \qquad (1)$$

Айланма җәриян яки цикл – система бирнәччә арилиқ һаләтләрдин өткәндин кейин қайтип өз һалитигә келидиған җәриян.

1-тапшурма

Қошумчә әхбаратларни пайдилинип, дизель билән ИЯД иш цикллири қандақ термодинамикилиқ җәриянлардин туридиғанлиғини ениқлаңлар.

III. Иссиқлиқ машинилири. Машининиң пайдилиқ иш коэффициенти

Әгәр айланма җәриян тоғра цикл бойичә маңса: 1-һаләттин 3-һаләткә өтүп, шуниңдин кейин саат тилиниң йөнилиши билән 1-һалитигә қайтип кәлсә, у машинини *иссиқлиқ машиниси* дәп атайду. У йәрдә

қиздурғучтин җисимға берилгән энергия механикилиқ энергиягә айлиниду, иш орунлиниду.

Иссиқлиқ машиниси – бу газниң яки һоның ички энергиясини механикилиқ энергиягә айландурушқа беғишланған қурулма.

Иссиқлиқ двигателидики газниң орунлайдиған ишини ениқлайли. Термодинамикиниң биринчи қанунини газниң 1-һаләттин 2-һаләткә өткәндики кәңийиш җәрияни үчүн язайли

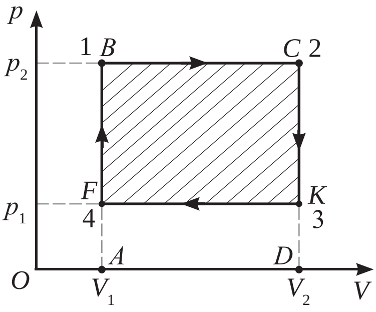
$$Q_1 = (U_3 - U_1) + A_1, \qquad (2)$$

вә сиқилиш җәрияни үчүн:

$$-Q_1 = (U_1 - U_3) - A_{1.} \qquad (3)$$

(2) вә (3) тәңлимилири қошуп, төвәндики ипадини алимиз: $Q_1 - Q_2 = A_1 - A_{2.}$

(1) инавәткә алсақ: $Q_1 - Q_2 = A$ (4)



123-сүрәт. *Икки изобара билән икки изохоридин туридиған цикллиқ җәриянниң диаграммиси*

бу йәрдә Q_1– қиздурғучтин газға берилгән иссиқлиқ мөлчәри; Q_2 – газдин совутқучқа берилгән иссиқлиқ мөлчәри.

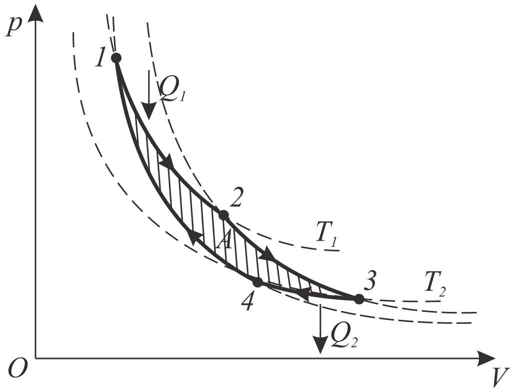
Иссиқлиқ двигательниң ПИК газниң орунлиған ишиниң қиздурғучтин берилгән иссиқлиқ мөлчәриниң нисбитигә тәң:

$$\eta_и = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}. \qquad (5)$$

IV. Карно цикли. Идеал иссиқлиқ машина

Француз инженери **Сади Карно** 1924-жили иссиқлиқ двигательлириниң асасий ишләш қанунийәтликлирини орнатти. Карно цикли бойичә иш орунлайдиған машинини *идеал машина* дәп атайду.

Карнониң өзгәрмә җәрияни икки изотермидин вә икки адибаттин туриду *(124-сүрәт)*. 1→2 изотермилиқ кәңийиш вақтида двигательниң ишчи җисими T_1 температуриси турақлиқ қиздурғучтин Q_1 иссиқлиқ мөлчәрини алиду. 3→4 изотермилиқ қисилғанда, ишчи T_2 температуриси турақлиқ совутқучқа Q_2 иссиқлиқ мөлчәрини бериду.



124-сүрәт. *Идеал машининиң цикллиқ җәриянениң диаграммиси*

2→3 адиабатлиқ кеңәйгәндә ишчи жисимға энергия берилмәйду. Иш ишчи жисимниң ички энергиясиниң һесавиға орунлиниду, униң температуриси төвәнләйду. 4→1 адиабатлиқ қисиш вақтида ишчи жисимниң ички энергияси билән температуриси өсиду.

С.Карно өзниң тәтқиқлиридин идеал двигательниң ПИК 1 яки 100% болмайду дегән нәтиҗә чиқарди, униң қиздурғуч вә совутқучниң температуриси билән ениқлинидиған чеки бар:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \text{яки} \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \qquad (6).$$

Елинған (6) тәңлимидин иссиқлиқ двигательларниң ПИК ни өсирүшниң икки йоли бар: қиздурғучниң T_1 температурисини көтириш яки T_2 температурисини абсолют нөлгичә төвәнлитиш.

Реал иссиқлиқ двигательлар үчүн әң қолайлиқ совутқуч атмосферилиқ һава яки су. Яз мәзгилидә уларниң температуриси 300 *K* йеқин болиду. Қиздурғучниң температурисини жуқурилитиш двигатель ясалған маддиниң суюлуш температуриси билән чәклиниду. Берилгән температуриниң чәклинишлирини инавәткә елип, идеал иссиқлиқ машининиң ПИК һесаплаш қийин әмәс, у 70%-қа йеқин.

V. Термодинамикиниң иккинчи қануни. Қайтидиған вә қайтмайдиған җәриянлар

$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ формулисидин η = 1 болғанда $Q_2 = 0$ екәнлиги чиқиду. Лекин бу шәртләрдә двигатель циклни қайтилалмайду. Идеал машинида ишчи жисим совуп, дәсләпки һалитигә келиш үчүн энергиясиниң бир бөлигини совутқучқа бериши керәк. $Q_2 = 0$ болғанда двигательлар ишида термодинамикиниң иккинчи қануни орунланмайду:

Цикллиқ һәрикәтлинидиған иссиқлиқ машиниларда нәтиҗиси пәқәт қиздурғучтин елинған һәммә иссиқлиқ мөлчәрини механикилиқ ишқа айландуришқа болидиған җәриян мүмкин әмәс.

Термодинамикиниң иккинчи қанунениң бу ениқлимисини Кельвин ейтқан. Һәммә иссиқлиқ мөлчәрини ишқа айландуридиған хиялдики механизм *иккинчи рәтлик мәңгүлүк двигатель* дәп атайду. Мундақ механизмниң болуши мүмкин әмәс.

Нәзәр селиңлар!

Һәрқандақ энергия түри: механиклиик, химиялик, электр энергияси һәрқандақ башқа энергия түригә толуғи билән айлиналайду.
Ички энергияниң пәқәт бир бөлигила энергияниң һәрқандақ башқа түригә өзгириши мүмкин. Жисим молекулилири энергияни толуқ берип, қозғилишни тохталмайду.

2-тапшурма

Қайтидиған вә қайтмайдиған термодинамиклиқ җәриянларға мисаллар кәлтүрүңлар.

Җавави қандақ?

1. *Иккинчи рәтлик мәңгүлүк двигателини ясаш немишкә мүмкин әмәс?*
2. *Һәр түрлүк энергия түрлириниң иссиқлиқ энергиягә түрлиниш җәрияни немишкә қайтмайдиған җәриян?*

Бу қизиқ!

Һәммә иссиқлиқ жисимлар энергиялирини соғ жисимларға бериду.
Пүткүл дуния йүзидә энтропия артмақта. Һәммә температурилар тәңләшкәндә вә энтропия максимумға йәткәндә, дунияда пәқәт молекулиларниң рәтсиз һәрикитиниң энергияси қалиду. Һәммә җәриянлар тохтайду. Аләмниң иссиқлиқ өлүми орнайду. Бу мәсилә XIX әсир айиғида алимларни көп ойландурған.

Иссиқлиқ жәриянларни тәтқиқ қилиш нәтиҗисидә Р. Клаузиус термодинамикиниң иккинчи қанунини төвәндикидәк тәрипләйду:

Иссиқлиқ, температуриси жуқури җисимлардин температуриси төвән җисимларға өзлүгидин берилиду.

Термодинамикиниң физикилиқ мәнаси: молекулиларниң иссиқлиқ һәрикитиниң энергияси механикилиқ вә ядролуқ энергия, электр энергиягә охшаш башқа энергия түрлиригә қариғанда толуқ башқа энергия түригә айлиналмайду

Һәрхил энергия түрлириниң иссиқлиқ энергиягә түрлиниши маңидиған һәрқандақ физикилиқ җәриян қайтмайдиған җәриян болиду. У толуқ әкси йөнилиштә маңмайду. Термодинамикилиқ система дәсләпки һалитигә қайтип келиши үчүн энергетикилиқ чиқимлар, йәни қоршиған әтрап муһитта өзгириш болуши керәк.

Бу қизиқ!

Йәр шари җанлиқ вә җансиз табиәт билән бирликтә мустәқил экосистема болуп тепилиду. Йәр бетидә өмүр сүрүш мүмкинчилиги болуш үчүн энтропия мәнаси өвән болидиған энергия мәнбәси һаҗәт – у күнниң шолилиниши. У биосфериниң өмүр сүрүшигә, һәрхил тәң әмәс җәриянларниң, шундақла фотосинтез вә башқиму биохимиялик вә биофизикилиқ реакцияләрниң меңишиға мүмкинчилик яритиду.

VI. Энтропия

Термодинамикидики җәриянларниң мүмкин болған йөнилишлирини S энтропия арқилиқ ениқлиниду.

Энтропия – энергияниң қайтмайдиған чечилишиниң өлчими болидиған физикилиқ миқдар.

Энтропияниң өзгириши системиниң бәргән яки алған иссиқлиқ мөлчәриниң җәриян маңидиған температуриға болған нисбити билән ениқлиниду:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

Бу йәрдә ΔS – энтропияниң өзгириши; ΔQ – иссиқлиқ мөлчәри; T – җәриянниң кельвинда берилгән температуриси. Энтропияниң ХБС өлчәм бирлиги: $1\frac{Дж}{К}$.

Тәтқиқатлар қайтидиған җәриянлар үчүн энтропия турақлиқ болидиғанлиғини көрсәтти, энтропияниң өзгириши нөлгә тәң. Қайтмайдиған җәриянлар үчүн энтропияниң өзгириши нөлдин жуқури, у өсиду. Бу тәбиәттә, реал қайтмайдиған җәриянларда һәммә энергия түрлириниң ички энергиягә түрлиниши көпәрәк болидиғанлиғини көрситиду. Изоляцияләнгән термодинамикилиқ системилар абсолют турақлиқ тәңпуңлуққа келиш үчүн энтропияниң әң жуқарқи мәнасиға интилиду.

VII. Совутқуч машинилар. Совутқуч машининиң пайдилиқ иш коэффициенти (ПИК)

Әкси, саат тилиниң йөнилишигә қариму-қарши йөнилиштә туюқ цикл ясайдиған қурулмини совутқуч машина дәп атайду. Совутқуч машиниларда ташқи күчләрниң орунлиған ишлириниң тәсиридин ишчи җисим совутқучтин Q_2 иссиқлиқ мөлчәрини алиду вә иссиқлиқ мөлчәри ташқи күчләр орунлиған ишниң миқдаридин A' көп болидиған Q_1 иссиқлиқ мөлчәрини қиздурғучқа бериду: $Q_1 = Q_2 + A'$.

Совутқуч машинининң ПИК: $\eta_c = \dfrac{Q_2}{A'}$ яки $\eta_c = \dfrac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$,

бу йәрдә Q_2 – совутқучтин елинған иссиқлиқ мөлчәри, Q_1 – қиздурғучқа берилгән иссиқлиқ мөлчәри, A' – ташқи күчләрниң орунлиған иши.

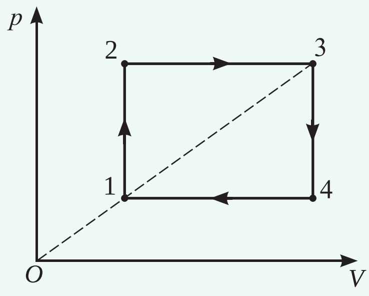
Идеал совутқуч машинининң ПИК: $\eta_c = \dfrac{T_2}{T_1 - T_2}$.

Тәкшүрүш соаллири

1. Қандақ жәриянни айланма дәп атайду?
2. Һәрқандақ иссиқлиқ машинининң асасий бөләклирини атаңлар.
3. Қандақ машина тоғра цикл бойичә иш орунлайду? Қандақ машина әкси цикл бойичә иш орунлайду?
4. Қандақ жәриян Карно цикли дәп аталған?
5. Термодинамикиниң иккинчи қанунини ейтип бериңлар.
6. Энтропия қандақ жәриянниң өлчими болуп тепилиду?

Көнүкмә 24

1. Иссиқлиқ машиниси туюқ цикл бойичә ишләйду. Циклға башлап берилгән иссиқлиқ мөлчәри Q_1 = 0,1 *МДж*, совутқучқа берилгини Q_2 = 80 *кДж*. Цикл үчүн пайдилиқ иш вә иссиқлиқ машинисиниң ПИК ениқлаңлар.
2. Автомобильниң ПИК η = 22%. Автомобиль қуввити N = 22,5 *кВт* болса, у чағда автомобиль двигателиниң йениш камерисида секундиға қанчилик иссиқлиқ мөлчәри бөлүниду?
3. Әгәр циклдики әң жуқарқи вә әң төвәнки температуриларниң айримичилиғи 3 һәссә болса *(126-сүрәт)*, у чағда циклниң ПИК ениқлаңлар. Ишчи жисим – бир атомлуқ идеал газ.
4. Әгәр қиздурғуч билән совутқучниң температурилири t_1 = 200°С вә t_1 = 17°С болса, иссиқлиқ машинисиниң ПИК қандақ? Циклниң ПӘК n = 2 һәссә арттуруш үчүн қиздурғуч температурисини нәччә һәссә арттуруш керәк?
5. Идеал иссиқлиқ машина бир циклда A = 73,5 *кДж* иш орунлайду. Қиздурғучиниң температуриси t_1 = 100°С, совутқучиниң t_2 = 0°С. Циклниң ПИК вә бир циклда совутқучқа берилгән иссиқлиқ мөлчәрини ениқлаңлар.



125-сүрәт. *3-һесапқа*

Иҗадий тапшурма

Әхбарат тәйярлаңлар (хаһишиңларчә):

1. «Йәрниң вә аләмниң энтропияси».
2. «Иссиқлиқ двигательлар вә әтрап муһитни қоғдаш».

8-бапниң йәкуни

Ички энергия, ички энергияниң өзгириши	Газниң орунлиған иши	Иссиқлиқ мөлчәри
$U=\frac{i}{2}\cdot\frac{m}{M}RT$ $U=\frac{i}{2}\cdot pV$ i = 3 бир атомлуқ газ үчүн i = 5 икки атомлуқ газ үчүн i = 6 көп атомлуқ газ үчүн $\Delta U=\frac{i}{2}\nu R\Delta T$	$A = p\Delta V$ $A=\frac{m}{M}R\Delta T$ Ташқи күчләрниң орунлиған иши билән газниң орунлиған ишиниң бағлиниши $A' = -A$	Қизған чағда (совуғанда) $Q = cm(t_2 - t_1)$ $Q = C_{жс.}(t_2 - t_1)$ Ериған чағда (қатқанда) $Q = \pm\lambda m$ Қайниған чағда (конденса-цияләнгәндә) $Q = \pm r \cdot m$ Отун көйгән чағда $Q = qm$
Термодинамикиниң I қануни	**Машиниларниң ПИК**	**Иссиқлиқ сиғдурушлуғи, иссиқлиқ сиғдурушлуқ-лириниң бағлиниши**
$\Delta U = A' + Q$ $Q = A + \Delta U$ Изохорилиқ җәриян үчүн $Q_V = \Delta U$ Изобарилиқ җәриян үчүн $Q_p = A + \Delta U$ Изотермилиқ җәриян үчүн $Q_T = A$ Адиабатлиқ җәриян үчүн $Q = 0$ $\Delta U = A'$ $A = -\Delta U$	Иссиқлиқ машина $\eta_u=\frac{A}{Q_1}=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{Q_1}$ Идеал иссиқлиқ машина $\eta=\frac{T_1-T_2}{T_1}$; $\eta=1-\frac{T_2}{T_1}$ Совутқуч машина $\eta_c=\frac{Q_2}{A'}$; $\eta_c=\frac{Q_2}{Q_1-Q_2}$ Идеал совутқуч машина $\eta_c=\frac{T_2}{T_1-T_2}$	Җисимниң иссиқлиқ сиғду-рушлуғи $C_Ж = cm$ Газларниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғи $c_V=\frac{i}{2}\cdot\frac{R}{M}$ $c_p=\frac{R}{M}\left(\frac{i}{2}+1\right)$ $c_p=c_V+\frac{R}{M}$ Газниң мольлуқ иссиқлиқ сиғдурушлуғи $C_{MV}=\frac{i}{2}R$ $C_{Mp}=R\left(\frac{i}{2}+1\right)$ $C_{Mp}=C_{MV}+R$
Иссиқлиқ изоляцияләнгән системилар үчүн иссиқлиқ баланс тәңлимиси		
$Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n = 0$		

Термодинамика қанунлири

Термодинамикиниң биринчи қануни: Бир һаләттин иккинчи һаләткә өткән чағда җисимниң ички энергиясиниң ΔU өзгириши җисимниң орунлайдиған иши A' билән җисимға берилгән иссиқлиқ мөлчәриниң Q қошундисиға тәң.

Термодинамикиниң иккинчи қануни:

Кельвин тәриплимиси: «Цикллиқ һәрикәтлидиған иссиқлиқ машинида нәтиҗиси пәқәт қиздурғуштн алидиған һәммә иссиқлиқ мөлчәрини ишқа айландуридиған җәриян мүмкин әмәс».

Клаузиус тәриплимиси: «Иссиқлиқ температуриси жуқури җисимлардин температуриси төвән җисимларға өзлүгидин берилиду».

Глоссарий

Адиабатлиқ җәриян – термодинамикилиқ системида әтраптики җисимлар билән иссиқлиқ алмишиш болмиған һаләттә орунлинидиған җәриян

Айланма җәриян яки цикл – системи бирнәччә арилиқ һаләтләрдин өткәндин кейин дәсләпки һалитигә қайтип келидиған җәриян.

Биринчи рәтлик мәңгүлүк двигатель – бу сирттин энергия алмай чәксиз узақ вақит иш орунлайдиған хиялдики машина.

Җисимниң иссиқлиқ сиғдурушлуғи – массиси *m җисим*ниң температуриси 1 *K*-ға өзгәргән чағда алидиған яки беридиған иссиқлиқ мөлчәри.

Җисимниң ички энергияси – бу җисимларни тәшкил қилидиған зәрриләрниң өз ара һәрикәтлинишиниң потенциаллиқ энергияси билән уларниң иссиқлиқ һәрикитиниң оттура кинетикилиқ энергиясиниң қошундиси.

Иккинчи рәтликң мәңгүлүк двигатель – һәммә иссиқлиқ мөлчәрини ишқа айландуридиған хиялдики машина.

Иссиқлиқ машиниси – газниң яки һониң ички энергиясини механиклиқ энергиягә айландурушқа беғишланған курулма.

Иссиқлиқ мөлчәри – иссиқлиқ бериш вақтида ички энергияниң өзгиришиниң санлиқ мәнаси.

Иссиқлиқ өткүзгүчлүк – бу энергияниң җисимниң қиздурулған бөлигидин аз қиздурулған бөлигигә җисим зәррилириниң орун йөткилишсиз берилиши яки қаттиқ қиздурулған җисимдин аз қиздурулған җисимға җипсилашқанда берилиш җәрияни.

Конвекция – иссиқлиқ мөлчәриниң газниң яки суюқлуқниң соғ вә иссиқ қәвәтлириниң арилишиши арқилиқ берилиш җәрияни. Конвекцияниң тәбиий вә мәҗбурий түрлири бар.

Маддиниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғи – 1 *кг* маддиниң температуриси 1 *K*-ға өзгәрткән чағда алидиған яки беридиған иссиқлиқ мөлчәри.

Мольлуқ иссиқлиқ сиғдурушлуқ – бу маддиниң бир молиниң иссиқлиқ сиғдурушлуғи.

Һолиниш хас иссиқлиғи – қайнаш температурисида 1 *кг* суюқлуқни һоға айландуруш үчүн һаҗәт иссиқлиқ мөлчәри.

Отунниң көйүшиниң хас иссиқлиғи – 1 *кг* отун толуқ көйгәндә бөлүнидиған иссиқлиқ мөлчәри.

Суюлушниң хас иссиқлиғи – суюлуш температурисида 1 *кг* маддини суюқлуққа айландуруш үчүн һаҗәт иссиқлиқ мөлчәри.

Термодинамика – механикилиқ вә ички энергияниң өз ара түрлиниши, ички энергияниң бир җисимдин башқа җисимға берилиши билән бағлиқ һадисиләрни тәтқиқ қилидиған физика бөлүми.

Универсал газ турақлиғи – турақлиқ қисимда 1 *моль* газниң температурисини 1 *K*-ға көтириш үчүн униң қандақ иш орунлиши керәклигини көрситидиған миқдар.

9-БАП

СУЮҚ ВӘ ҚАТТИҚ ЖИСИМЛАР

Суюқ вә қаттиқ жисимларниң хусусийәтлири маддиниң ички түзүлүшигә, зәррiләр арилиғиға вә уларниң орунлишиш ретигә бағлинишилиқ. Суюқлуқ молекулилириниң қаттиқ жисим молекулилири билән өз ара тәсирлишиш алаһидиликлиригә бағлиқ биз капиллярлиқ һадисиләрни, қаттиқ жисимларға суюқлуқниң жуқушини көримиз.
Түзүлүшидики пәриқ қаттиқ жисимларниң әвришимлик, пластикилиқ, чүрүклүк, мәккәмлик, қаттиқлиқ, аққучлуқ охшаш хусусийәтлирини чүшәндүрүшкә мумкинчилик бериду.
Суюқлуқ билән қаттиқ жисимларниң бетидә қуруш нәтижисидә, хусусийәтлири ташқи һаләтләргә бағлиқ һолар һасил болиду.
Бу бапта биз суюқлуқларниң, қаттиқ жисимларниң вә уларниң һолириниң бәзи бир хусусийәтлирини қараштуримиз.

Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:
- гигрометр вә психрометрниң ярдими билән һаваниң селиштурма нәмлигини ениқлашни;
- бәтлик керилиш коэффицентини һәрхил усулар билән ениқлаш;
- һәр түрлүк қаттиқ жисимларниң мисалида кристалл вә аморфлуқ жисимларниң түзулүшини ажритишни;
- әвришим деформация вақтида Юнг модулини ениқлашни үгинисиләр.

§ 25. Қениққан вә қеникмиған һолар, һаваниң нәмлиги. Фазилиқ диаграммилар, үчлүк чекит, маддилиқ кризислиқ һалити

Күтүлидиған нәтижә

Параграфни өзләштүргәндә:
гигрометр вә психрометрниң ярдими билән селиштурма нәмликни ениқлалайсиләр7

Әскә чүшириңлар!

Маддиниң суюқ һаләттин газ тәхлитигә өтүш жәриянини һоға айлиниш дәп атайду. Конденсация – һониң суюқлуққа айлиниш жәрияни.

Жавави қандақ?

1. *Һоға айлинишниң қандақ икки усули бар? Уларға ениқлима бериңлар.*
2. *Қуруш илдамлиғи қандақ факторарға бағлиниш-лиқ?*
3. *Суюқлуқ қандақ һаләттә қайнайду?*

I. Қениққан вә қеникмиған һолар

Әгәр һоға айлиниш жәрияни температура турақлиқ һаләттә йепиқ қачида болса, у йәрдә бираз вақиттин кейин суюқлуқ һориниң концентрациясиниң өсүши тохтайду. Қуруш билән конденцация жәриянлириниң арисида динамикилиқ тәңпуңлуқ орун алиду.

Динамикилиқ тәңпуңлуқ – термодинамикилиқ системиниң һалити, бу чағда бирдәк вақит арилиғида суюқлуқтин учуп чиққан молекулилар сани униңға қайтип келидиған молекулилар саниға тәң болиду.

Өзиниң суюқлиғи билән динамикилиқ тәңпуңлуқта болидиған һони қениққан һо дәп атайду.

Һониң қисими молекулиларниң температуриси билән концентрациясигә бағлинишлиқ:

$$p = nkT \qquad (1)$$

T = const болғанда (1) тәңлимидин һониң қисими пәқәт молекулиларниң концентрациясигә бағлинишлиқ екәнлиги келип чиқиду.

Температуриниң өзгириши вақтида қисим икки параметр билән: молекулиларниң температуриси вә концетрацияси билән ениқлиниду.

Өзиниң суюқлиғи билән динамикилиқ тәңпуңлуқта болмайдиған һони қеникмиған һо дәп атайду.

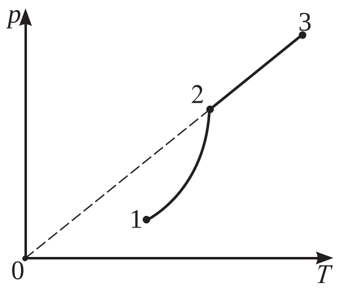
Әгәр суюқлуқ бетидии һо қеникмиған һо болса, у чағда қуруш конденсациядин бесим болиду.

II. Қениққан һолар үчүн p, V, T термодинамикилиқ параметрларниң бағлиниши

Қениққан һо қисилған чағда молекулилар концентрацияси өсиду, қуруш билән конденсация жәриянлири арисидики тәңпуңлуқ бузулиду: һониң бир бөлиги суюқлуққа айлиниду. Қениққан һо қисими униң температурисиға мас келидиған мәнаға егә болиду. Суюқлуқ бетидики һо һәжими өскән чағда молекула концентрацияси азийиду. Нәтижидә берилгән температурида қисим қениққан һо қисимиға тәңләшкичә қуруш конденсациядин артуқ болиду.

Шуниң билән, кениккан һо қисими униң һәҗимигә бағлинишлиқ әмәс. Һәр түрлүк температурилардики кениккан һо қисиминиң мәнаси қошумчидики 7-җәдвәлдә берилгән.

Тәҗрибиләр турақлиқ һәҗимдә суюқлуқ бетидики кениккан һо қисиминиң температуриға бағлинишлиқлиғи сизиқлиқ әмәс екәнлигини көрситиду. Бағлинишлиқ графиги қачидики суюқлуқ пүткичә квадратлиқ функция түридә болиду. 126-сүрәттә тәсвирләнгән графикта 1→2 өтүши кениккан һо қисиминиң температура билән концентрацияға бағлинишиға мас келиду. Һо 1-һаләттин 2-һаләткә өткән чағда *(126-сүрәт)* концентрация турақлиқ миқдар болуп қалиду, сәвәви суюқлуқ толуғи билән һоға айлиниду, қисимниң температуриға бағлиниши сизиқлиқ болиду.



126-сүрәт. *Кениккан һо қисиминиң температура вә концентрацияға (1→2) бағлинишлиқ графиги*

III. Һаваниң абсолют нәмлиги. Шәлдәм чекити

Бизниң әтраптики һавада һәркачан су һолири болиду.

1 $м^3$ *һавада болидиған су һориниң мөлчәрини һаваниң абсолют нәмлиги дәп атайду.*

Һәҗими V һавада массиси m һо бар болса, у чағда һаваниң һәрбир бирлик һәҗимидики су һори новәттики формула билән ениқлиниду:

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (2))$$

болиду, бу йәрдә ρ – абсолют нәмлик.

Адәттә һава тәркивидики су һолири кеникмиған һолар болиду.

Атмосферилиқ һавадики су һори кениккан һоға айлинидиған температурини шәлдәм чекити дәп атайду.

IV. Селиштурма нәмлик

Суниң куруш чапсанлиғи селиштурма нәмлик билән характерлинидиған су һолириниң кениш дәриҗисигә бағлиқ.

Һаваниң селиштурма нәмлиги – берилгән температурида һаваниң абсолют нәмлигиниң 1 $м^3$ һавани кениктурушқа һаҗәт һо мөлчәригә болған нисбитиниң процент билән ипадилиниши.

Җавави қандақ?

1. *Кениккан һоларниң қисими бағлинишлиқ болидиған параметрларни атаңлар.*
2. *127-сүрәттики 2→3 өтүши үчүн немишкә Шарль қанунини пайдилинилиду?*
3. *Кениккан газ үчүн газ қанунлирини пайдилиниш немишкә қолайсиз?*

Әстә сақлаңлар!

Бәлгүсиз һо параметрлирини ениқлиған чағда, кениккан һо үчүн Менделеев-Клапейрон тәңлимисини пайдилинишқа болиду.

Әстә сақлаңлар!

ХБС бойичә абсолют нәмликниң өлчәм бирлиги:

$$[\rho] - 1\frac{кг}{м^3}.$$

Әң көп пайдилинидиған өлчәм бирлиги: $1\frac{г}{см^3}$.

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{ķ}} \cdot 100\%, \qquad (3)$$

бу йәрдә φ – селиштурма нәмлик, ρ – һониң абсолют нәмлиги, $\rho_{ķ}$ – берилгән температуридики қениққан һониң абсолют нәмлиги.

Биз абсолют нәмликләрниң нисбити қисимларниң нисбитигә тәң екәнлигини испатлидуқ, демәк:

Берилгән температурида һаваниң тәркивидики су һориниң қисиминиң мошу температуридики қениққан су һориниң қисимиға процент билән ипадиләнгән нисбитини һаваниң селиштурма нәмлиги дәп атайду.

$$\varphi = \frac{p}{p_{ķ}} \cdot 100\%, \qquad (4)$$

бу йәрдә p – су һориниң қисими, $p_{ķ}$ – мошу температуридики қениққан һониң қисими.

V. Конденсациялиқ гигрометр. Шәлдәм чекити арқилиқ һаваниң нәмлигини ениқлаш.

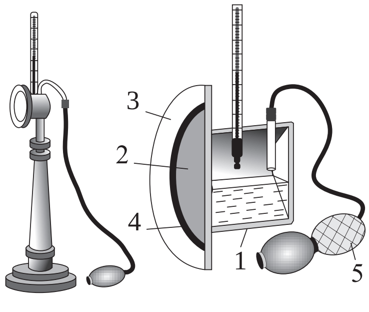
Һаваниң нәмлигини ениқлашқа беғишланған әсвапларни гигрометрлар (грекниң «гигрос» –нәм) дәп атайду.

Конденсациялик гигрометр шәлдәм чекитини ениқлаш үчүн пайдилинилиду. У – штативқа бәкитилгән металл камера (127, а-сүрәт) түридә болиду. Камерида икки төшүк болиду: бири термометр үчүн, иккинчиси һава пүвдәш үчүн *(127, ә-сүрәт)*. Камериниң алдинқи бети (2) билән төңгилик рамкиси (3) әйнәктәк ялтирлитилған. Камера билән рамка өз ара иссиқ өткүзмәйдиған материал (4) билән бөлүнгән. Камерини йеримиғичә эфир билән яки спирт билән толтуруп, суюқлуқ бетигә резинка пүвдигүчиниң (5) ярдими билән һава пүвдәйду. Суюқлуқ куруш арқилиқ совуйду, коробка бәтлиригә һо конденсациялиниду. Коробкиниң ялтирлитилған бети *рамкиниң бетигә қариғанда ғувалишиду. Шәлдәм пәйда болған вақиттики термометрниң көрситиши – шәлдәм чекити елиниду.*

Шәлдәм чекити арқилиқ имарәтләрдики һава нәмлигини ениқлайду. Униң үчүн қениққан һо зичликлириниң жәдвилидин шәлдәм чекитигә мас келидиған ρ абсолют нәмлик мәнасини тапиду. Бу жәдвал бойичә әтрап температурисидики қениққан һо зичлиғини $\rho_{ķ}$ ениқлап, (3) формула бойичә селиштурма нәмлигини ениқлайду.

Әстә сақлаңлар!

1. Метеорологиядә абсолют нәмлик дәп һаваниң тәркивиниң су һориниң *мм.сим.ст.* арқилиқ ипадиләнгән бесимини атайду.
2. Су һриниң моллуқ массиси:
$$M = 18 \cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{моль}.$$



127-сүрәт. *Конденсациялик гигрометр*

2-тапшурма

1. Конденсациялик гигрометр билән психрометрни пайдилинип, селиштурма нәмликни ениқлаш алгоритмни қуруңлар.
2. Физика кабинетидики һава нәмлигини ениқлаңлар.

VI. Психрометр

Психрометр һаваниң селиштурма нәмлигини ениқлаш үчүн пайдилинилиду. У корпусқа бәкитилгән икки термометрдин туриду (128-сүрәт). Термометрларниң бириниң резервуари дака билән оралған вә су қуюлған қачиға селинған. Селиштурма нәмликни ениқлаш үчүн психрометрдин һава температуриси билән қурғақ вә нәм термометрлар көрсәткүчи арисидики температурилар айиримисини ениқлайду.

Психрометриялик жәдвәлдин *(қошумчидики 9-жәдвәл)* һаваниң селиштурма нәмлигини ениқлайду.

VII. Сублимация. Десублимация. Үчлүк чекит

Маддиниң қаттиқ һаләттин суюқлуққа айланмай, дәрру газ һалитигә өтүшини сублимация дәп атайду.

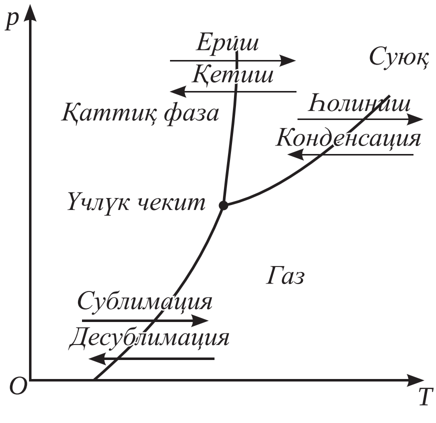
Сублимация энергияни жутуш арқилиқ маңиду.

Униңға экси жәриян десублимация болиду.

Үчлүк чекит – маддиниң қаттиқлиқ, суюқлуқ вә газ тәхлит үч агрегатлиқ һаләтлири тәңпуңлуқта болидиған температура билән қисимниң мәнаси.

Үчлүк чекит – химиялик маддиларниң характеристикисиниң бири. Фазилиқ диаграммида бу чекиттә суюлуш, қайнаш вә сублимация фазилиқ өтүшлириниң сизиқлири қийлишиду *(129-сүрәт)*.

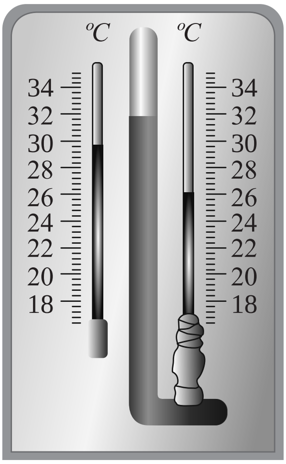
Су үчүн үчлүк чекиттики температура 273,16 *K*, қисим 611,657 *Па*.-



129-сүрәт. *Фазилиқ өтүшниң диаграммиси*

Жавави қандақ?

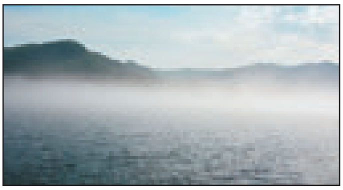
Әгәр һаваниң нәмлиги өссә, психрометрниң көрсәткүчи қандақ өзгириду?



128-сүрәт. *Психрометр*

Жавави қандақ?

1. *128, 129-сүрәтләрдә қандақ һадисиләр тәсвирләнгән?*
2. *Немишкә қишта талаға йейилған кийимләр қурийду?*



130-сүрәт. *Бурабай көли*

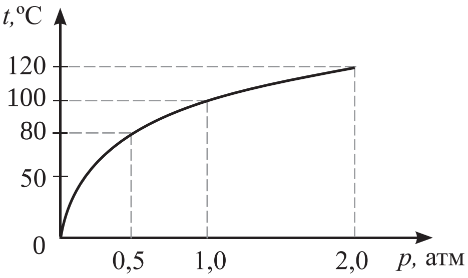
131-сүрәт. *Шортандидики қишлиқ орман*

VIII. Қайнаш. Қайнаш температурисиниң сиртқи қисимға бағлиқлиғи

Әгәр көвүкчиләр ичидики қениққан һониң қисими сиртқи қисимға тәң болса яки униңдин артуқ болса, суюқлуқ ичидики көвүкчиләр йоғириду вә суюқлуқниң үстигә ләйләп чиқиду. Адәттики атмосферилиқ қисимда су һолири 100°С температурида қениқиду.

Қениққан һониң қисими суюқлуқниң әркин бетидики сиртқи қисимға тәң вә суюқлуқниң һәммә қәвәтлиридики температуриси бирдәк болғанда суюқлуқ қайнайду.

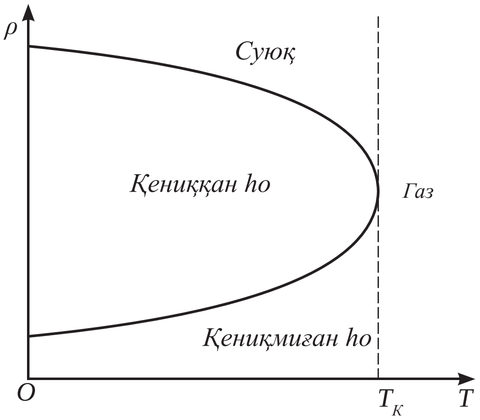
Әгәр суюқлуқ бетидики газниң қисимини азайтсақ, суюқлуқ төвәнки температурида қайниши мүмкин. Газ қисиминиң көпийиши, әксинчә, суюқлуқниң жуқури температурида қайнишиға елип келииду. *(132-сүрәт)*.



132-сүрәт. *Суюуқлуқниң қайнаш температурисиниң сиртқи қисимға бағлинишлиқ графиги*

IX Маддиниң критикилиқ һалити

Йепиқ качида суюқулуқни қиздурғанда, суюқлуқниң зичлиғи азийиду, қениққан һониң зичлиғи артиду *(133-сүрәт)*. Қандақту бир мәзгилдә суюқлуқ билән һониң зичлиғи тәңлишиду вә икки һаләтни бөлидиған чегара йоқилиду. Мадда кризислиқ һаләттә болиду. Бу һаләттә суюқлуқниң һолинишиниң хас иссиқлиғи $r = 0$ болидиған мәнани қобул қилиду.



133-сүрәт. *Критикилиқ температуридин жуқури температуриға фазилиқ өтүш мүмкин әмәс*

Әскә чүшириңлар!

Суюқлуқниң пүткүл һәҗимидә болидиған һолиниш җәриянини қайнаш дәп атайду.

Җавави қандақ?

1. *Немишкә қайнаш алдида тавуш чиқиду?*
2. *Суюқлуқниң әркин бетидики қисим өскәндә немишкә қайнаш температуриси өсиду?*
3. *Сүйи қайнаватқан качиға селинған иккинчи качидики су немишкә қайнимайду?*

3-тапшурма

Сюқлуқниң төвән вә жуқури температуриларда қайнишиға мисал кәлтүрүңлар

Җавави қандақ?

1. *Немишкә Йәрдә кислородлуқ вә азотлуқ көлләр йоқ?*
2. *Суюқ азотни қандақ елишқа болиду?*

Әстә сақлаңлар!

Маддиниң критикилиқ температуридин төвән температуридики газ тәхлит һалитини һо дәп атайду.

Мадда	Критикилиқ температура, t,°C
Су	374
Эфир	197
Хлор	146
Кислород	–118
Азот	–146
Водород	–240
Гелий	–263

Суюқлуқ билән униң қениққан һориниң зичлиқлириниң мәналири арисидики пәриқ йоқилидиған температурини мошу маддиниң критикилиқ температуриси дәп атайду.

Критикилиқ температуридин жуқури температуриларда мадда пәқәт газ тәхлит һаләттә болиду, уни аддий қисиш арқилиқ суюқлуққа айландуруш мүмкин әмәс.

Әгәр мадда температуриси критикилиқ температуридин төвән болса, уни қисиш арқилиқ суюқлуқ һаләткә өзгәртишкә болиду.

Тәкшүрүш соаллири

1. Қандақ һони қениққан һо дәп атайду?
2. Суюқлуқниң қайнаш температуриси сиртқи қисимқа қандақ бағлинишлиқ?
3. Қандақ температурини критикилиқ температура дәп атайду?
4. Газ вә һо чүшәнчилириниң пәрқи немидә?
5. Һаваниң абсолют нәмлиги дәп немини атайду? Униң өлчәм бирликлири.
6. Қандақ температурини шәлдәм чекити дәп атайду?
7. Селиштурма нәмлик дегинимиз немә?
8. Һаваниң нәмлигини қандақ әсваплар билән вә қандақ ениқлашқа болиду?

Көнүкмә 25

1. 50°C температура вақтидики суниң қениққан һориниң зичлиғини ениқлаңлар.
2. Дәсләпки температуриси 20°C қениққан су һорини суюқлуқтин бөлүп елип, турақлиқ һәҗимдә 30°C-ғичә қиздурди. Һониң қисимини ениқлаңлар. Мундақ һони қандақ атайду?
3. Су һориниң қисими 8 *кПа* болса, температура 50°C болғанда һаваниң абсолют нәмлигини ениқлаңлар.
4. Температура 300 *K* болғанда һаваниң абсолют нәмлиги 12,9 $г/м^3$.Һаваниң селиштурма нәмлигини ениқлаңлар.
5. Қача бөлгүч билән иккигә бөлүнгән, биринчи бөлигиниң һәҗими иккинчисигә қариғанда $n = 3$ һәссә йоған. Биринчи бөләктә селиштурма нәмлиги $\varphi_1 = 20\%$ болған һава бар, иккинчисидә селиштурма нәмлиги $\varphi_1 = 80\%$ болған һава бар. Әгәр температурини өзгәртмәй, бөлгүшни елип ташлисақ, качидики селиштурма һава нәмлиги қандақ болиду?

Экспериментлиқ тапшурма

2 бөлмә термометрлирини пайдилинип, өйниң бөлмилириниң һава нәмлигини ениқлаңлар. Нәтиҗилирини селиштуруңлар.

Иҗадий тапшурма

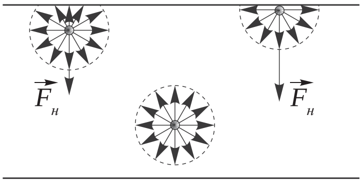
«Заманивий гигрометрлар» мавзусида доклад тәйярлаңлар.

§ 26. Суюқлуқниң бәтки қәвитиниң хусусийәтлири. Жуқуш, капиллярлиқ һадисиләр

Күтүлидиған нәтижә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *суюқлуқниң бәтлик керилиш коэффициетини һәр түрлүк усуллар билән ениклалайсиләр*



134-сүрәт. *Молекулилиқ қисим күчи – нәтижилик күч*

Бу қизиқ!

Суюқлуқ һәҗимини азайтиш үчүн молекулилиқ қисимға тәң сиртқи қисимни пәйда қилғузуш керәк. Су үчүн бу қисим 2400 *атм.* Мундақ қисимни техникилиқ түрдә пәйда қилғузуш мүмкин әмәс, суюқлуқлар йәр шараита қисилмайду. Теч муһитниң максимал чоңқурлиғида гидростатикилиқ қисим 1100 *атм*. әтрапида. Су асти қейиқлириниң чүшидиған чоңқурлиғи 600 *м* ашмайду

Жавави қандақ?

1. *Немишкә суюқлуқлар қисилмайду?*
2. *Әгәр адәм судин чиқса немишкә су чачлири бири-биригә япишип қалиду, сунуң астида болса оңай ажирайду?*
3. *Нәм қумдин ясалған шар су астида немишкә чечилип кетиду?*

I. Бәтки қәвәтниң хусусийити. Молекулилиқ қисим күчлири

Суюқлуқниң һәрбир молекулиси башқа молекулилар билән молекулилиқ өз ара тәсирлишиш сферисиниң 1 нм болидиған радиуси чекидә өз ара тәсирлишиду. Суюқлуқ түвидики молекулиларға тәсир қилидиған күчләрниң геометриялик қошундиси нөлгә тәң *(134-сүрәт). Суюқлуқниң бетидики молекулиларниң молекулилиқ өз ара тәсирлишиш сфериси өз ара тәсирлишиш күчини етиварға алмайдиған һава молекулилири билән йеримиғичә толтурулған. Суюқлуқниң бәтки қәвитидики молекулиларниң өз ара тәсирлишиш күчлириниң тәң тәсирини молекулилиқ қисим күчи дәп атайду.*

Молекулилиқ қисим күчи – суюқлуқниң бәтки қәвитиниң молекулилириға тәсир қилидиған, униң әркин бетигә перпендикуляр йөнәлгән йәкүн күч.

Бәтки қәвәттики қисим күчи пәқәт суюқлук молекулилириғила тәсир қилиду.

II. Бәтлик керилиш күчлири

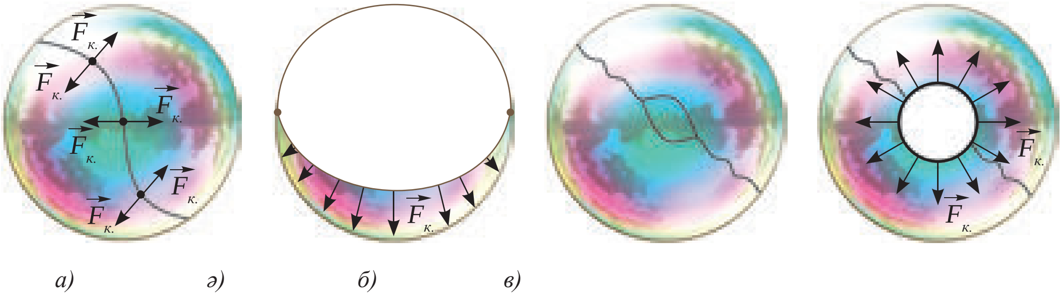
Суюқлуқниң әркин бетигә параллель болидиған молекулилиқ өз ара тәсирлишиш күчлириниң һасил қилғучлири бәтки қәвәтниң молекулилирини йеқинлаштурушқа тиришиду. Бу күчләрниң тәсириниң нәтижисидә бәтки қәвәт керилиш һалитидә болиду. Суюқлуқ билән қаттиқ җисим чегарисида қаттиқ җисимға бәтлик керилиш күчлири униң бетигә перпендикуляр тәсир қилиду *(135-сүрәт)*. Бәтлик керилиш күчиниң тәсирини аддий тәҗрибиләрдин көрүшкә болиду. Совун еритиндисигә янлириға тартилмай бағланған жипи бар төңгини салайли. Төңгиниң ичидә совунлуқ қап түзүлиду, униңда жип әркин орунлишиду *(135, а-сүрәт).*

Жипниң икки тәрипидин тәсир қилидиған бәтлик керилиш күчлири бир-бирини толуқтуриду. Жипниң бир тәрипидин совунлуқ қапни тешимиз. Бәтлик керилиш күчиниң тәсиридин қалған совунлуқ қап жипни тартип қисқирайду, униңға чәмбәр доғисиниң формисини бериду *(135, ә-сүрәт)*. Жиптин илмәк ясап, уни рамкиға илип тәҗрибини қайтилаймиз *(135, б-сүрәт).*

Илмәкниң ичидин совунлуқ қапни тешимиз, нәтижисидә бәтлик керилиш күчиниң тәсиридин совун кепи қисқирап, униңға төңгә формисини берип илмәкни созиду *(135 в-сүрәт).*

Өз тәҗрибәңлар

Сим төңгә билән тәҗрибә өткүзүңлар *(135-сүрәт)*



135-сүрәт. *Бәтлик керилиш күчиниң тәсирини назарәт қилиш*

> **Бәтлик керилиш күчлири – суюқлуқниң әркин бетиниң мәйданини азайтишқа тиришидиған вә бу бәткә яндашма йөнәлгән, суюқлуқниң бәтлик қәвитидики молекулиларниң өз ара тартилиш күчлири.**

Җавави қандақ?

Өткүзүлгән тәҗрибидә икки муһитниң оттурисидики чегара немишкә чәмбәр доғиси яки чәмбәр болиду?

III. Бәтлик керилиш коэффициенти. Бәтлик керилиш коэффициентини тамчиниң үзүлүш усули бойичә ениқлаш.

Бәтлик керилиш һадисилирини санлиқ түрдә характерләш үчүн бәтлик керилиш коэффиенти киргүзүлгән.

> **Бәтлик керилиш коэффициенти – бу бәтлик керилиш күчиниң суюқлуқниң бәтки қәвитиниң чегарисиниң узунлуғиға нисбити.**

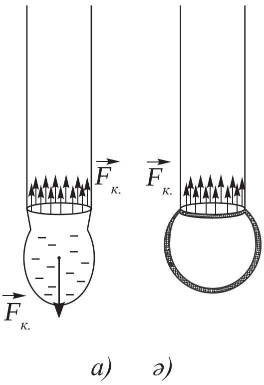
Бәтлик керилиш коэффициентини σ (сигма) һәрипи билән бәлгүләйду. Ениқлима бойичә:

$$\sigma = \frac{F_{к.}}{l}, \qquad (1)$$

Бу йәрдә l – бәтки қәвәтниң узунлуғи, $F_{к.}$ – керилиш күчи.

Диаметри кичик нәйчидин үзүлидиған суюқлуқ тамчиси үчүн бәтлик керилиш чегарисиниң радиуси нәйчиниң ички радиусиға тәң чәмбәрниң узунлуғи болуп тепилиду *(136, а-сүрәт):*

$$l = 2\pi r = \pi d. \qquad (2)$$



137-сүрәт. *Бәтки қәвәтниң чегариси нәйчиниң ички чәмбириниң узунлуғи болиду*

Тамчиниң салмиғи керилиш күчигә тәң болғанда тамча үзилиду:

$$P = F_{к.}. \qquad (3)$$

(1), (2), (3) формулилиридин $\sigma = \dfrac{mg}{\pi d}$ (4)

екәнлиги чиқиду.

Трубкидин совун көвүкчилирини пүвдигән чағда икки бәтки қаплар түзүлиду *(137, ә-сүрәт),* демәк ташқи күч, бәтки қәвәтниң икки чегарисида пәйда болған бәтлик керилиш күчигә тәң болғанда совун көвүкчилири нәйчидин үзүлиду.

$$F_{ташқ.} = 2F_{к.}. \qquad (5)$$

Бәтлик керилиш коэффициенти суюқлуқниң түвигә, униң температурисиға вә униң тәркивидики қошулмиларниң бар болушиға бағлиқ. Температурини ашурғанда вә қошулмилар бар болғанда бәтлик керилиш коэффициенти азийиду.

IV. Суюқлуқниң бәтки қәвитиниң энергияси

Молекулиларниң төвәнки қәвәттин бәтки қәвәткә йөткилиши молекулилиқ қисим күчини йеңиш үчүн орунлинидиған иш билән бағлинишлиқ. Иш орунланғанда молекулиларниң кинетикилиқ энергияси бәтки қәвәттики молекулиларниң потенциаллиқ энергиясигә айлиниду. Бәтки қәвәтниң мәйданини кичикләткәндә, униңдики энергияниң һесавиға иш орунлиниду.

Әгилгән симни қозғилидиған тосалғуси бар совун еритиндисиға салайли. Рамкида икки бети бар қап түзүлиду. Бәтлик керилиш күчиниң тәсиридин қап кичикләйду, қапниң потенциаллиқ энергияси азийиду, қозғилидиған тосалғуниң орун йөткиши вақтида иш орунлиниду. *(137-сүрәт).* Бәтлик керилиш күчиниң иши:

$$A = 2F_{к.}h \qquad (6),$$

бу йәрдә $F_{к.} = \sigma L.$ (7)

(7) тәңлимини (6) тәңлимигә қойимиз, у чағда $A = 2\sigma Lh$ болиду (8), бу йәрдә $\Delta S = Lh$ – бир қәвәтниң мәйданиниң өзгириши.

Икки бәтниң мәйданиниң өзгиришини $\Delta S = 2\Delta S_1$ дәп бәлгүләйли. Буни инавәткә алсақ, (8) формула төвәндики түргә келиду:

$$A = \sigma\Delta S \qquad (9)$$

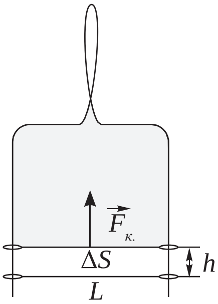
буниңдин: $\sigma = \dfrac{A}{\Delta S}.$ (10)

Бәтлик керилиш коэффициенти – суюқлуқниң әркин бети бирлик мәйданға кичиклигәндә молекулилиқ күчләрниң орунлиған ишиға тәң миқдар.

Әстә сақлаңлар!

Бәтлик керилиш коэффициентиниң өлчәм бирлиги

$$[\sigma] = 1\frac{Дж}{м^2} = 1\frac{Н}{м}.$$



137-сүрәт. *Бәтлик керилиш күчиниң тәсиридин қапниң мәйданиниң кичиклиши*

Өз тәҗрибәңлар

136-сүрәттә тәсвирләнгән тәҗрибини өткүзүңлар. Тәҗрибиниң сапасиға еритминиң температуриси билән униң концентрацияси қандақ тәсир қилидиғанлиғини ениқлаңлар.

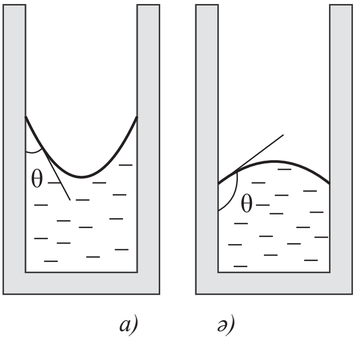
V. Жуқуш. Чәтлик булуң

Қаттиқ жисимларниң чегарисида орунлашқан суюқлуқ молекулиси суюқлуқниң молекулилири билән қаттиқ жисимниң зәррилири биләнму өз ара тәсирлишиду.

Әгәр қаттиқ жисимниң зәррилириниң тәсирлишишидин пәйда болған керилиш күчлири суюқлуқниң молекулилири арисидики тартилиш күчлиридин көп болса, у чағда суюқлуқ жисимға жуқиду. Суюқлуқниң әркин бети әгилип, оюқ шәкилгә егә болиду (138, а-сүрәт).

Әгәр суюқлуқ қаттиқ жисимға жуқмиса, у чағда суюқлуқниң бети томпақ шәклидә болиду *(138, ә-сүрәт). Әгилгән әркин бәтни мениск дәп атайду.*

Менискниң қаттиқ жисим билән қийилишқан чекитидә жүргүзүлгән яндашма билән қаттиқ жисимниң бетиниң арисидики булуңни чәтлик булуң θ дәп атайду.



138-сүрәт. *Капиллярдики суюқлуқниң әркин бети әгилиду*

VI. Капиллярлиқ һадисиләр

Суюқлуқларниң қаттиқ жисимниң бетигә жуқуши яки жуқмиши капиллярлиқ һадисиләрниң сәвәвидур.

Капиллярлар – ички диаметири наһайити кичик нәйчиләр.

Латин тилидин тәрҗимә қилғанда «капиллус» – *чаш, қил* дегәнни билдүриду. Капиллярлиқ нәйчидики суюқлуқ нәйчиниң янлириға жуқидиған болса, у чағда суюқлуқниң егизлиги қачидики суюқлуқниң егизлигигә нисбәтән жуқури көтирилиду. Капиллярдики суюқлуққа тәсир қилидиған eғирлиқ күчи бәтлик керилиш күчи билән тәңләшкичә суюқлуқ көтириливериду:

$$F_{ег.} = F_{к.}, \quad (11)$$

бу йәрдә $$F_{ег.} = mg = \rho Shg = \rho\pi r^2 hg, \quad (12)$$

$$F_{к.} = \sigma l = \sigma 2\pi r. \quad (13)$$

(12) вә (13) формулилирини (11) формулиға қойсақ:

$$\rho\pi r^2 hg = \sigma 2\pi r, \text{ болиду}$$

буниңдин: $$h = \frac{2\sigma}{\rho gr} \quad (14)$$

яки $$h = \frac{4\sigma}{\rho gd} \quad (15).$$

Капилляр диаметри кичик болғансери, капиллярдики суюқлуқниң егизлиги егизләйду.

Өз тәҗрибәңлар

Әйнәк капиллярдики суниң әркин бети әгилгән.

Диаметири кичик нәйчидә бәтниң әгилиши көпәрәк болидиғанлиғиға көз йәткүзүңлар. Бу һадисини МКН асасида чүшәндүрүп бериңлар.

Җавави қандақ?

1. *Қачидики суюқлуққа селинған капилляр нәйчиниң әркин бетиниң егизлиги немишкә қачидики суюқлуқниң әркин бетидин жуқури яки төвән болиду?*
2. *Өй салған чағда, немишкә фундамент билән тамниң арисиға капиллярларсиз материаллар салиду?*

Тапшурма

Жуқуш вә капиллярлиқ һадисиләрни қоллинишқа мисал кәлтүрүңлар.

Тәкшүрүш соаллири

1. Қандақ күчләрни молекулилиқ қисим күчләр дәп атайду?
2. Қандақ күчләрни бәтлик керилиш күчлири дәп атайду?
3. Суюқлуқ билән каттиқ жисимлар чегарисида керилиш күчи қандақ йөнәлгән?
4. Қандақ миқдарни бәтлик керилиш коэффициенти дәп атайду? Униң өлчәм бирликлири.
5. Қандақ һадисини жуқуш дәп атайду? Қандақ һадисә капиллярлиқ дәп атилиду?

Көнүкмә 26

1. Узунлуғи l = 4 *см* сәрәңгә су бетидә ләйләп жүриду. Әгәр сәрәңгиниң бир четигә кастор мейини қуйсақ, у чағда у һәрикәтлинишкә башлайду. Сәрәңгигә тәсир қилидиған күчни вә униң йөнилишини ениқлаңлар. Су билән майниң бәтлик керилиш коэффициенти σ_1 = 72 м*Н/м* вә σ = 33 м*Н/м*.
2. Әгәр учиниң диаметри d = 0,44 *мм* тамғузғучниң ярдими билән суни m = 0,01 *г*-ғичә дәллик билән өлчәшкә мүмкин болса, у чағда суниң бәтлик керилиш коэффициенти қанчигә тәң?
3. Радиуси R = 4 *см* совун көвүгини пүвдәш үчүн қандақ иш орунлаш һаҗәт?
4. Каналлириниң диаметри d = 1 *мм* вә d = 2 *мм* болидиған икки капиллярдики симап егизликлириниң айримисини ениқлаңлар.
5. Суға патурулған диаметрлири һәрхил икки капиллярлиқ нәйчиләрниң егизлик айримиси Δh_1 = 2,6 *см* болди. Бу нәйчиләрни спиртқа патурғанда егизликләр айирими Δh = 1 *см* болди. Әгәр суниң бәтлик керилиш коэффициенти $\sigma = 7{,}3 \cdot 10^{-2}$ *Н/м* болса, у чағда спиртниң бәтлик керилиш коэффициентини ениқлаңлар.

Экспериментлиқ тапшурма

Тәҗрибилик йол билән суюқ совун билән суниң қандақ нисбитидә совун көвүкчилири төзүмлүк болидиғанлиғини ениқлаңлар. Капиллярлиқ нәйчиниң ярдими билән елинған еритминиң бәтлик керилиш коэффициентини ениқлаңлар.

Иҗадий тапшурма

Әхбарат тәйярлаңлар (ихтияриңларчә):

1. «Жуйғучи маддилар кир билән дағларни қандақ чиқириду?».
2. «Йеник вә еғир ишләпчиқиришта капиллярларни пайдилиниш».
3. «Тәбиәттики капиллярлиқ һадисиләр».

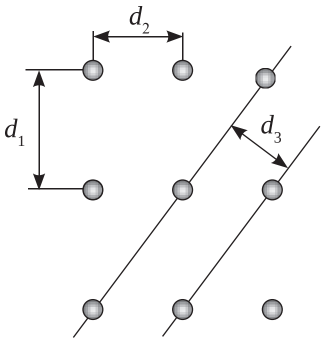
§ 27. Кристалл вә аморфлуқ җисимлар. Қаттиқ җисимларниң механикилиқ хусусийәтлири

Күтүлидиған нәтиҗә

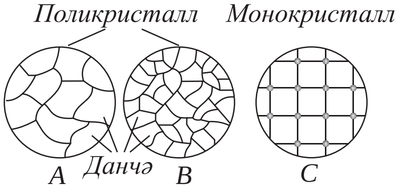
Параграфни өзләштүргәндә:

- *һәрхил қаттиқ җисимларниң мисалида кристалл вә аморфлуқ җисимларниң түзүлүшини ажриталайсиләр;*
- *әвришим деформация вақтида Юнг модулини ениқлалайсиләр.*

139-сүрәт. *Тағ хрустали билән күлрәң кварцниң монокристаллири*



140-сүрәт. *Монокристаллар анизотроплуқ*



141-сүрәт. *Проликристалларниң түзүлүши*

I. Кристалл вә аморфлуқ җисимлар. Қаттиқ җисимларниң изотроплиғи вә анизотроплиғи

Адәттә, қаттиқ җисим дәп шәклини вә һәҗимини сақлайдиған җисимларни атайду. Физикида бу җисимларни кристалл вә аморфлуқ җисимлар дәп бөлиду. Кристалл җисимлар монокристаллиқ вә поликристаллиқ болалайду.

Аморфлуқ җисимларниң кристаллардин айирмичилиғи – уларниң бәлгүлүк бир суюлуш температурисиниң болмаслиғи. Физикида аморфлуқ җисимларни жуқушлуқ суюқлуқ ретидә қараштуриду. Аморфлуқ җисимларға воск, пластилин, кәһриба, әйнәк, қетип қалған смола ятиду. Аморфлуқ җисимларниң кристаллиқ тори болмайду, улар изотроплуқ.

Изотроплуқ – маддиниң физикилиқ хусусийәтлири униңдики таллавелинған йөнилишкә бағлинишсиз.

Монокристалл болидиған кристаллиқ җисимлар анизотроплуқ.

Анизотроплуқ – маддиниң физикилиқ хусусийәтлири униңдики таллавелинған йөнилишкә бағлиқ.

Тәбиәттә геометриялик дурус шәкиллик монокристалларни кварц *(139-сүрәт),* топаз, алмаз, тағ хрустали, графит түзәйду.

Кристаллниң механикилиқ, иссиқлиқ, электрлик вә оптикилиқ хусусийәтлириниң анизотроплуқлиғини маддиниң зәррилирини арисидики тәсирлишиш күчи кристаллиқ торда таллап елинған йөнилишкә бағлиқлиғи билән чүшәндүрүлиду. Һәрхил йөнилишләрдә уларниң ариліқлири һәрхил болиду $d_1>d_2>d_3$ *(140-сүрәт).*

Поликристалл җисим бири-бири билән чаплашқан хаослуқ бәт алған монокристалларниң жиғиндиси, уларниң өлчәмлири 1–2 *мкм*-дин бирнәччә *мм*-ғичә арилиқта өзгириду *(141-сүрәт).*

Поликристаллиқ җисимлар изотроплуқ болиду. Поликристаллиқ җисимларға мәсилән, металлар, поликристалл алмазлар, керамика ятиду.

II. Кристаллиқ торлар. Кристаллдики камчилиқлар.

Кристаллниң ички түзүлүшини көрнәклик түрдә көрситиш үчүн уни кристаллиқ тор ретидә тәсвирләйду.

Кристаллиқ тор – бу кристалдики атомларниң яки ионларниң преиодлуқ түрдә орунлишиши. Кристаллиқ торниң атомлар яки ионлар орулашқан чекитлири кристаллиқ торниң түгүнлири дәп атайду.

Торниң түгүнлириниң орунлишиш рәссимини ионлуқ микроскопниң ярдимдә елишқа болиду.

Һәммә кристалларни төрт типқа бөлиду: ионлуқ, атомлуқ, молекулилиқ вә металлиқ.

III. Кристалл җисимларниң мустәһкәмлиги вә қаттиқлиғи

Җисимларниң ташқи күчләрниң тәсиригә қарши туруш хусусийитини мустәһкәмлик дәп атайду. Камчилиқлири бар кристалларниң мустәһкәмлиги таза кристалларниң мустәһкәмлигидин он, һәтта йүз һәссә аз болиду. Камчилиқлар чекитлик вә сизиқлиқ дәп бөлүниду. Чекитлик камчилиқларға өз атомини ят атом билән алмаштуруш (142, а-сүрәт), тор түгүнлириниң арисиға атом киргүзүш *(142, ә-сүрәт)*, кристаллиқ торниң түгүнлириниң биридә атомниң болмаслиғи *(142, б-сүрәт)* охшаш камчилиқлар ятиду. Сизиқлиқ камчилиқлар – кристалл тәкшилигидә атомларни орунлишиш ретиниң бузулушидин пәйда болидиған камчилик *(142, в-сүрәт)*.

Техникида һәммә материалларниң мустәһкәмлиги билән қатар қатиқлиғи бойичә ажритиду. *Қаттиқлиқ – материалниң башқа материалларниң бетигә сизғанда из қалдуруш хусусийити.* Башқа материалниң бетигә из қалдуридиған материал – қаттиқ материал болуп санилиду. Металлниң кесишкә бәғишланған кәскүч билән бурғиниң қаттиқлиғи ишлиниватқан металлға қариғанда бесим болуш керәк.

IV. Җисимларниң әвришим вә пластикилиқ деформацияси. Қаттиқ җисимларниң пластикилиғи вә әвришимлиги

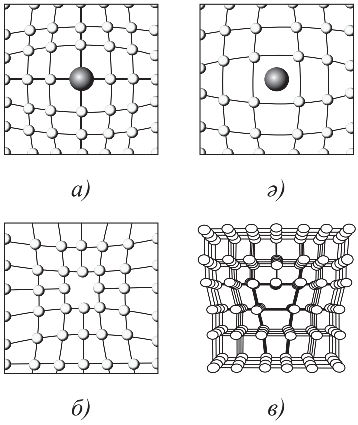
Материалниң өз шәклини қайтип орниға кәлтүрүш хусусийини материалниң әвришимлиги дәп атайду. Һәммә кристаллиқ җисимлар, резинка әвришимлик хусусийитигә егә.

Җавави қандақ?

1. *Немишкә аморфлуқ җисимларниң бәлгүлүк бир суюлуш температуриси йоқ?*
2. *Торниң ионлуқ, атомлуқ, молекулилиқ вә металлиқ төрт типиниң пәрқи немидә?*

Бу қизиқ!

Кристаллниң мустәһкәмлигини арттуруш үчүн уларда алаһидә камчилиқларни һасил қилиду. Улар тәсадипий камчилиқлар сизиғи бойичә бағлинишларниң үзүлүшигә қаршилиқ кәлтүриду. Мәсилән, полатқа үч рәт хром билән вольфрамни киргүзгәндә, униң мустәһкәмлиги жуқурилиған.



142-сүрәт. *Хаталиқлар түрлири*

Өз тәҗрибәңлар

Алюминийниң, полатниң вә әйнәкниң қаттиқлиғини селиштуруңлар.

Материалниң ташқи күчләрниң тәсиридин алған шәклини сақлап қелиш хусусийитини пластикилиқ дәп атайду. Аморфлуқ җисимлар пластикилиқ хусусийәткә егә.

V. Абсолют вә селиштурма узириш. Механикилиқ күчиниш

Қисилиш вә созулуш деформациясини абсолют узириш Δl билән характерләйду. *Абсолют узириш – үлгиниң деформациягичә* l_0 *вә кейинки* l *узунлуқлириниң айримисиға тәң миқдар:*

$$\Delta l = l - l_0. \quad (1)$$

Созулғанда Δl – иҗабий, қисилғанда болса сәлбий болиду.

Абсолют созулушниң җисимниң деформациягичә l_0 *узунлуғиға нисбитини селиштурма узириш дәп атайду:*

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}. \quad (2)$$

Җисим деформацияләнгән чағда униң һәрбир тоғра қийилмисида молекулиларниң ариқлиқлириниң өзгиришигә бағлиқ электромагнитлиқ күчләр тәсир қилиду, уларни әврешимлик күчләрниң ички күчиниш күчлири дәп атайду. Күчләрниң тарилишини механикилиқ күчиниш характерләйду.

Механикилиқ күчиниш – тоғра қийилминиң S бирлик мәйданиға тәсир қилидиған ички күчиниш күчигә $F_{әв.}$ тәң болидиған физикилиқ миқдар:

$$\sigma = \frac{F_{әв.}}{S}, \quad (3)$$

бу йәрдә S – механикилиқ күчиниш. ХБС механикилиқ күчинишиниң өлчәм бирлиги паскаль:

$$\sigma = 1 Па = 1\frac{Н}{м^2}.$$

Әскә чүшириңлар!

Ташқи күчләрниң чүшүш чекитигә вә йөнилишигә бағлиқ қаттиқ җисимлар деформациясини төрт түргә бөлүшкә болиду: созулуш яки қисилиш, егилиш, йөткилиш вә бурулуш.

1-тапшурма

Пластикилиқ вә әврешим деформацияга мисаллар кәлтүрүңлар.

Әскә чүшириңлар!

Ташқи күчләрниң тәсири тохтиғандин кейин толуқ йоқилидиған деформация әврешим деформация дәп атилиду. Ташқи күчләрниң тәсири тохтиғандин кейин йоқалмайдиған деформация пластикилиқ дәп атилиду.

2-тапшурма

Деформацияниң һәр түридә ташқи күчләрниң чүшүш чекити билән йөнилишини көрситиңлар.

3-тапшурма

Әврешим деформацияниң һәр түригә учриған җисимларға мисаллар кәлтүрүңлар.

VI. Гук қануни. Юнг модули

Тәҗрибилик йол билән ингилиз физиги Р.Гук төвәндикидәк хуласигә кәлди:

Әврешим деформацияләнгән җисимниң механикилиқ күчиниши әврешимлик модули билән селиштурма узурушқа тоғра пропорционал.

$$\sigma = E\cdot|\varepsilon| \quad (4)$$

яки (2) формулини инавәткә алсақ $\sigma = \frac{E[\Delta l]}{l_0}$, (5)

бу йәрдә E – Юнг модули. Юнг модулиниң өлчәм бирлиги $[E]$ – 1 *Па.* (5) тәңлимигә (3) формулини қойсақ, келәси ипадини алимиз:

$$\frac{F_{эв.}}{S}=\frac{E}{l_0}[\Delta l],$$

бунимдин $$F_{эв.}=\frac{ES}{l_0}[\Delta l] \qquad (6)$$

яки $$F_{эв.}=k|\Delta l|, \qquad (7)$$

бу йәрдә k – қаттиқлиқ коэффициенти. (6) вә (7) ипадиләрдин:

$$k=\frac{ES}{l_0}. \qquad (8)$$

Қаттиқлиқ коэффициенти жисимниң өлчәмлири билән маддиниң әвришимлик хусусийәтлиригә бағлиқ. Жисим қисқа вә тоғра кийилмисиниң мәйдани йоған болғансери у қаттиқлишиду.

Улаш түрлири		Формула
Параллель	Қаттиқлиғи һәр түрлүк	$k=k_1+k_2+\ldots+k_n$, *n – пружина сани*
	Қаттиқлиғи охшаш	$k=nk_1$, *n - пружина сани*
Пәйдин-пәй	Қаттиқлиғи һәр түрлүк	$\frac{1}{k}=\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}+....+\frac{1}{k_n}$, *n – пружина сани*
	Икки һәр түрлүк пружина	$k=\frac{k_1k_2}{k_1+k_2}$
	Қаттиқлиғи охшаш пружинилар	$k=\frac{k_1}{n}$, *n - пружина сани*

##ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Узунлуғи l_0 қаттиқлиқ коэффициенти k_0 болидиған резина боқучни икки қәвәтлиди. Қаттиқ коэффициенти қандақ өзгириду?

Берилгини:	**Йешилиши:**
l_0 k_0	Тоғра кийилмиси S_0 вә узунлуғи l_0 боқучниң қаттиқ коэффициенти $k_0=ES_0/l_0$.
Т/к: k – ?	Боқучни икки қәвәтлигәндә, системиниң кийилмисиниң мәйдани икки һәссә ашиду. $S=2S_0$, узунлуғи 2 һәссә кемийду $l=l_0/2$. Шуңлашқа $k=\frac{ES}{l}=4\frac{ES_0}{l_0}=4k_0$. **Җавави:** $k_0=4k_0$

Тәкшүрүш соаллири

1. Аморфлуқ жисимларниң кристаллиқ жисимлардин қандақ пәрқи бар?
2. Кристаллиқ тор дегән немә? Силәргә торларниң қандақ түрлири бәлгүлүк?
3. Қандақ усул билән кристаллиқ торниң мустәһкәмлигини арттуриду?
4. Механикилиқ күчиниши дәп немини атайду? Юнг модули дәпчу?
5. Созулуш диаграммиси бойичә деформация вақтида қаттиқ жисимларда болидиған җәриянларни характерләңлар.

Көнүкмә 27

1. Сим бойи билән, йөнәлгән қандақ күчниң тәсиридин униңда $15 \cdot 10^7 \frac{H}{м^2}$ күчиниш пәйда болиду? Сим диаметри 0,40 *см*.
2. Егизлиги 20 *м* хиш тамниң асасида күчиниши қандақ болиду? Тамниң асасида вә униң жуқарқи бөлигидики хишниң мустәһкәмлиги охшаш боламду?
3. Узунлуғи 4,0 *м* вә қийилмиси 20 $мм^2$ латунь симда қалдуқ деформация пәйда болуш үчүн униң минимал жүкләнмиси қандақ болуш керәк? Бу чағдики симниң узириши немигә тәң? Латуньниң әвришимлик чеки $\sigma = 1{,}1 \cdot 10^8 \frac{H}{м^2}$. Симниң массисини инавәткә алмаңлар.
4. 100 *H* күчниң тәсиридин узунлуғи 5 *м* қийилмиси 2,5 $мм^2$ сим 1,0 *мм* созулди. Симға тәсир қилидиған күчиниш вә Юнг модулини ениқлаңлар.
5. Узунлуғи 5,0 *м* мис сим 480 *H* жүкләнмә чүширилгәндә 1,0 *мм*-ға созулидиған болса, униң қийилмиси қандақ болуш керәк? Әгәр созулғанда униң мустәһкәмлик чеки $2{,}2 \cdot 10^8\ H/м^2$ болса, сим бу күчинишни көтирәләмду? Сим массисини инавәткә алмаңлар.

9-бапниң йәкүни

Һава нәмлиги	Бәтлик керилиш коэффициенти	Капиллярдики суюқлуқниң көтирилиш егизлиги
Абсолют нәмлик $\rho=\frac{m}{V}$ Селиштурма нәмлик $\varphi=\frac{\rho}{\rho_қ}\cdot 100\%$ $\varphi=\frac{p}{p_қ}\cdot 100\%$	$\sigma=\frac{F_к}{l}$ $\sigma=\frac{A}{\Delta S}$	Толуқ жуқуш вақтида $h=\frac{2\sigma}{\rho g r}$ $h=\frac{4\sigma}{\rho g d}$
Гук қануни	**Жисимниң узуриши, механикилиқ күчиниш**	**Қаттиқлиқ коэффициенти**
Гук қануни $F_{әв.}=k\lvert\Delta l\rvert$ $\sigma=E\cdot\lvert\varepsilon\rvert$	Абсолют узириш $\Delta l=l-l_0$ Селиштурма узириш $\varepsilon=\frac{\Delta l}{l_0}$ Механикилиқ күчиниш $\sigma=\frac{F_{әв.}}{S}$	$k=\frac{ES}{l_0}$ Пружиниларни пәйдин-пәй қошуш $\frac{1}{k}=\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}+....+\frac{1}{k_n}$ $k=\frac{k_1k_2}{k_1+k_2}$ Параллель қошуш $k=k_1+k_2+\ldots+k_n$

Қанунлар:

Гук қануни:

Әвришим деформацияләнгән жисимниң механикилиқ күчиниши әвришимлик модули билән селиштурма узурушқа тоғра пропорционал.

Жисим дефформацияләнгәндә пәйда болидиған әвришимлик күчи мошу деформацияниң миқдариға тоғра пропорционал.

Глоссарий

Абсолют узириш – үлгиниң деформациягичә l_0 вә кейинки l узунлуқлириниң айримисиға тәң миқдар.

Анизотроплуқ – маддиниң физикилиқ хусусийәтлири униңдики таллавелинған йөнилишкә бағлиқлиғи.

Бәтлик керилиш коэффициенти – бәтлик керилиш күчиниң суюқлуқниң бәтки қәвитиниң чегарисиниң узунлуғиға нисбити.

Бәтлик керилиш коэффициенти – суюқлуқниң әркин бети бирлик мәйданға кичиклигәндә молекулилиқ күчләрниң орунлиған ишиға тәң миқдар.

Бәтлик керилиш күчи – суюқлуқниң әркин бетиниң мәйданини азайтишқа тиришидиған вә бу бәткә яндашма йөнәлгән, суюқлуқниң бәтлик қәвитидики молекулиларниң өз ара тартилиш күчлири.

Гигрометр – һава нәмлигини ениқлашқа беғишланған әсвап.

Динамикилиқ тәңпуңлуқ – термодинамикилиқ системиниң бир һалити, бу чағда бирдәк вақит арилиғида суюқлуқтин чиқип кетидиған молекулилар сани униңға қайтип келидиған молекулилар саниға тәң болиду.

Әвришим деформация – ташқи күчләрниң тәсири тохтиғандин кейин толуқ йоқилидиған деформация.

Әвришимлик – материалларниң ташқи күчләрниң тәсири тохтиғандин кейин өзиниң шәклигә келиш хусусийити.

Җисимниң деформацияси – җисим өлчими билән шәклиниң өзгириши.

Изотроплуқ – маддиниң физикилиқ хусусийәтлири униңдики таллавелинған йөнилишкә бағлинишсизлиғи.

Капиллярлар – ички диаметри интайин кичик нәйчиләр.

Конденсация – һониң суюқлуққа айлиниш җәрияни.

Кристаллиқ тор – кристаллдики атомлар билән молекулиларниң мәркәзлири билән мас келидиған түгүнлири бар бошлуқниң тор қепи.

Критикилиқ температура – суюқлуқ билән униң қениққан һориниң зичлиқлириниң мәналирида айиримчилиқ болмайдиған температура.

Қайнаш – суюқлуқниң пүткүл һәҗимидә болидиған һолиниш җәрияни.

Қаттиқлиқ – материалниң башқа материалларниң бетигә сизғанда из қалдуруш хусусийити.

Қениққан һо – өзиниң суюқлиғи билән динамикилиқ тәппуңлуқта болидиған һо.

Қеникмиған һо – өзиниң суюқлиғи билән динамикилиқ тәппуңлуқта болмайдиған һо.

Қуруш – суюқлуқниң әркин бетидә һәрқандақ температурида болидиған һолиниш.

Мениск – суюқлуқниң әгилгән бош бети.

Механикилиқ күчиниш – тоғра қийилминиң *S* бирлик мәйданиға тәсир қилидиған ички күчинишиниң күчигә тәң болидиған $F_{эв.}$ физикилиқ миқдар.

Молекулилиқ қисим күчи – суюқлуқниң бәтки қәвитиниң молекулилириға тәсир қилидиған, униң әркин бетигә перпендикуляр йөнәлгән йәкүн күч.

Мустәһкәмлик – җисимниң ташқи күчләрниң бузуш тәсиригә қарши туруш хусусийити.

Һаваниң абсолют нәмлиги − 1 $м^3$ һавада болидиған су һориниң мөлчәри.

Һаваниң селиштурма нәмлиги – берилгән температурида һаваниң абсолют нәмлигиниң 1 $м^3$ һавани қениктурушқа һаҗәт һо мөлчәригә нисбитиниң процент билән ипадилиниши

Һаваниң селиштурма нәмлиги – берилгән температурида һаваниң тәркивидики су һориниң қисиминиң мошу температуридики қениққан су һориниң қисимиға процент билән ипадиләнгән нисбити.

Һолиниш – маддиниң суюқлуқ һаләттин газ һалитигә өтүши.

Пластикилиқ – ташқи күчләрниң тәсиридин алған шәклини сақлайдиған материалниң хусусийити.

Пластикилиқ деформация – ташқи күчләрниң тәсири пүткәндин кейин йоқалмайдиған деформация.

Сублимация − маддиниң қаттиқ һаләттин суюқлуққа айланмай, дәрру газ һалитигә өтүши.

Үчлүк чекит – маддиниң қаттиқлиқ, суюқлуқ вә газ тәхлит үч агрегатлиқ һаләтлири тәңпуңлуқта болидиған температура билән қисимниң мәнаси.

Чәтлик булуң – Менискниң қаттиқ җисим билән қийилишқан чекитидә җүргүзүлгән яндашма билән қаттиқ җисимниң бетиниң арисидики булуңниң чәтлик булуңи.

Шәлдәм чекити – атмосферилиқ һавадики су һори қениққан һоға айлинидиған температура.

Юнг модули – җисимниң узунлуғини икки һәссә ашурғанда униң қандақ механикилиқ күчинишкә дучар болидиғинини көрситидиған миқдар.

ЭЛЕКТР ВӘ МАГНЕТИЗМ

3

«Электр вә магнетизм» бөлүминиң асасий мәзмуни электромагнитлиқ мәйданниң хусусийәтлири билән униң зарядләнгән җисимлар билән өз ара тәсирлишишләрни характерләш. Электродинамикида зарядләнгән җисимлар арисидики электрлиқ вә магинтлиқ өз ара тәсирлишишләрни қараштуриду. Электромагнитлиқ мәйданниң тәсиридин болидиған һәрқандақ өз ара тәсирлишишләр электродинамика қараштуридиған мәсилиләр болуп тепилиду.

10-БАП

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Электростатика қозғалмайдиған электр зарядлири арисидики өз ара тәсирлишишләрни тәтқиқ қилидиған электродинамикиниң бөлүми. Заряд иҗабий мәналар билән қатар сәлбий мәналарға егә болиду. Әң дәсләп «электр заряди» дегән чүшәнчә 1785-жили Кулон қанунида киргүзүлгән.

Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:

- һесаплар чиқиришта электр зарядиниң сақлиниш қануни билән Кулон қанунини пайдилинишни;
- электр мәйданиниң күчинишлигини ениқлаш үчүн суперпозиция принципини қоллинишни;
- чәксиз тәкшилик, шар, сфера вә чәксиз жип билән зарядләнгән электр мәйданиниң күчинишлигини ениқлаш үчүн Гаусс теоремисини пайдилинишни;
- чекитлик зарядләрниң электр мәйданиниң иши билән потенциалини һесаплашни;
- һесаплар чиқиришта электростатикилиқ мәйданиниң энергетикилиқ вә күчлүк характеристикилирини бағлаштуридиған формулиларни пайдилинишни;
- гравитациялик вә электростатикилиқ мәйданларниң күчлүк вә энергетикилиқ характеристикилирини селиштурушта;
- өткүзгүчләрдики электростатикилиқ индукция вә диэлектриклардики поляризация һадисилиригә селиштурма түрдә анализ жүргүзүшни;;
- конденсатор сиғдурушлуғиниң униң параметрлириға бағлинишлиғини тәтқиқ қилишни;
- һесаплар чиқиришта конденсаторниң пәйдин-пәй вә параллель қошуш формулилирини пайдилинишни;
- электр мәйданиниң энергиясини һесаплашни үгинисиләр.

§ 28. Электр заряди. Заряднинң бәтлик вә һәҗимлик зичлиғи. Зарядларнинң сақлиниш қануни. Кулон қануни

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *һесаплар чиқарғанда электр зарядининң сақлиниш қануни билән Кулон қанунини пайдилиналайсиләр.*

Әскә чүшириңлар!

Атом нейтрал. Электронлирининң бир бөлигини йоқатқан атом иҗабий ионға айлиниду. Арилиқ электронлири бар атомларни сәлбий ионлар дәп атайду.

Тапшурма

Менделеев җәдвилини пайдилинип, кислород, аллюминий атомлирининң тәркивидики электронлар, протонлар вә нейтронлар санини ейтиңлар.

Өз тәҗрибәңлар

Пластмасса пластинини сүркәш арқилиқ электрләңлар. Қәғәзнинң ушшақ парчилириға йеқинлаштуруңлар. Тәҗрибини металл пластина билән қайтилаңлар.

Немишкә биринчи һаләттә қәғәзләр тартилиду, иккинчи һаләттә тартилмайду?

Диэлектрикни электрләш қандақ орунлинидиғанлиғини чүшәндүрүңлар. Немишкә өткүзгүчни сүркәш арқилиқ электрләшкә болмайду?

I. Җисимларни электрләш. Җисимларни электрләш усуллири

Икки җисимни сүркәш арқилиқ электрлигәндә, уларда модульлири бойичә тәң, бәлгүлири бойичә қариму-қарши зарядләр пәйда болиду, атомлар ионларға айлиниду.

Җисимни *сүркәш арқилиқ вә тәсир арқилиқ электрләшкә болиду.*

Сүркәш арқилиқ электрләш усулини диэлектрикләр үчүн пайдилинилиду. Диэлектрикләрдә заряд қайси йәрдә пәйда болса, шу йәрдә қалиду, у электрләнгән җисимнинң башқа бөләклиригә йөткиләлмәйду.

Металларни бу усул билән электрләш мүмкин әмәс. Металл җисимларни бир-биридин ажритиш вақтида һәммә артуқ электронлар бир металл җисимдин башқисиға еқип өтиду, икки җисимла зарядләнмигән болиду. Металл җисимларни башқа усул билән электрләш оңай, уни тәсир арқилиқ электрләш дәп атайду. Бир-биригә тегип турған зарядләнмигән өткүзгүчләргә электрләнгән җисимни йеқинлаштурайли. Җисимлар изоляцияләнгән тирәкләрдә орунлишиши һаҗәт *(143-сүрәт)*. *A* вә *B* өткүзгүчләрнинң бойиға бәкитилгән йеник япирақлар пәқәт уларнинң учлиридила янтийиду.

Демәк, *K* зарядләнгән җисимнинң электр мәйданининң тәсиридин электронларнинң йөткилишининң нәтиҗисидә артуқ заряднинң жиғилиши болиду.

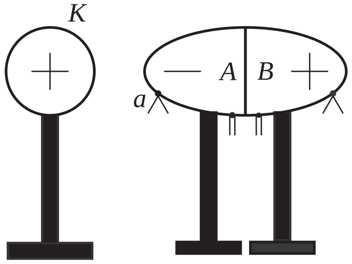
Өлчими кичик иҗабий зарядләнгән җисим болидиған синақ заряднинң ярдими билән *a* чекитидә сәлбий заряд жиғилидиғанлиғиға оңай көз йәткүзүшкә болиду. Синақ зарядни *a* чекитигә апарсақ, япирақлар синақ зарядигә тартилиду. *B чекитидә иҗабий заряд жиғилиду, япирақлар синақ зарядидин тепилиду.*

A вә *B* өткүзгүчлирини бир-биридин жирақлаштурайли. Үзүлүш моментида электронлар *A* җисимидин *B җисимға өтәлмәйду, сәвәви улар K* электр мәйданиға тартилиду.

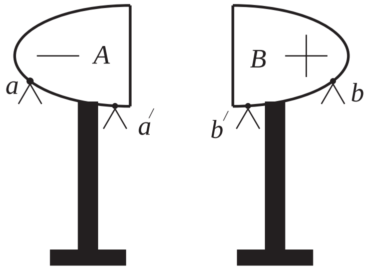
Җавави қандақ?

Бирдәк намлиқ зарядләр бир-биридин тепилидиғанлиғиға, һәрхил намлиқ зарядләр бир-биригә тартилидиғанлиғиға қандақ көз йәткүзүшкә болиду?

K җисими пәйда қилған ташқи күчләр жирақлиғандин кейин, *A* вә *B* җисимлиридики зарядләр пүткүл бәт бойичә тарилиду, униңға *A* вә *B* *җисимлириға бәкитилгән һәммә япирақларниң чәтниши испат болиду (144-сүрәт).*



143-сүрәт. *Тәсир арқилиқ элктрләш – электрлиқ индукция*



144-сүрәт. *Өткүзгүчләрдики зарядләр мәнаси бойичә тәң, бирақ бәлгүлири бойичә қариму-қарши*

Өткүзгүчниң тәсир арқилиқ зарядлиниш җәриянини электрлиқ индукция дәп атайду.

Бу вақитта пәйда болған зарядни индукциялик яки нишанлиқ заряд дәп атайду.

II. Элементар заряд. Зарядниң дискретлиқлиғи

Мүмкин болушичә минимал электр зарядигә егә электронни *элементар заряд* дәп атайду. Җисимларниң зарядлири электронларниң артуқ болуши яки йетишмәслиги билән шәртләнгән, йәни уларниң заряди элементар зарядкә бөлүниду.

Һәркандақ әркин зарядләнгән зәррә элементар зарядниң пәқәт пүтүн санини елип жүриду:

$$q = N|e|.$$

ХБСда зарядниң өлчәм бирлиги $[q] = 1$ *Кл*

Кулон – ток күчи 1 *А* болғанда 1 *сек* ичидә өткүзгүчниң тоғра кийилмиси арқилиқ өткән электр заряди.

Электрон зарядиниң мәнасиниң азлиғи $e \approx 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ *Кл* узақ вақит бойи электр зарядиниң дискретлиғиниң тепилмиғанлиғини чүшәндүриду.

Дискретлиқ дегинимиз – «үзүклүк», «бөләклик», мустәқил үлүшләр түридә болушини билдүриду.

Электр зарядиниң дискретлиғи пәқәт җисимниң зарядлири элементар заряд билән селиштурғидәк аз болғанда билиниду. Шуңлашқа Р.Милликен өз тәҗрибилиридә микроскопиялик тамчиларни пайдиланған, уларниң заряди бирнәччә элементар зарядтин туриду.

Җавави қандақ?

1. Әгәр электроскопқа иҗабий зарядләнгән җисимни йеқинлаштурсақ, иҗабий зарядләнгән электроскоп япирақлири немишкә чәтнәйду? Әгәр сәлбий зарядләнгән җисимни йеқинлаштурсақ, немишкә чүшиду?
2. Немишкә ипәк жипқа илинған зарядләнгән җисим артуқ заряд бәлгүсигә бағлинишсиз, тәҗрибичиниң қолиға тартилиду?

Әстә сақлаңлар!

Электрон зарядиниң миқдариниң дәсләпки өлчәмлирини 1909 – 1913-жиллири америкилиқ физик Р.Милликен ясиған. У электр мәйданидики майниң микроскопиялик тамчилириниң һәрикитини тәтқиқ қилған. У тамча зарядлириниң элементар зарядкә бөлүнидиғанлиғини вә мошу зарядниң миқдарини өлчиди, у $e \approx 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл-ға тәң.

III. Зарядләрниң бәтлик вә һәҗимлик зичлиғи

Зарядләр җисимниң бетидила әмәс, униң пүткүл һәҗимидә пәйда болиду. Зарядләрниң тарилиши бәтлик вә һәҗимлик зичлиқ билән характерлиниду:

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

бу йәрдә σ – бәтлик зичлик, q – җисимниң заряди, S – зарядләнгән җисимниң бетиниң мәйдани.

$$\rho = \frac{q}{V}$$

бу йәрдә ρ – зарядниң һәҗимлик зичлиғи, V – һәҗим.

Әстә сақлаңлар!

$[\sigma] = 1\ \frac{Кл}{м^2}$

$[q] = 1\ Кл$

$[S] = 1\ м^2$

$[\rho] = 1\ \frac{Кл}{м^3}$

$[V] = 1\ м^3$

IV. Зарядниң сақлиниш қануни

Зарядләнгән җисимлар системисида йеңи зарядләнгән зәрриләр, мәсилән, атомлар яки молекулиларниң ионлиниш һадисисиниң нәтиҗисидин электронлар билән ионлар пәйда болуши мүмкин. 1843-жили инглиз физики М.Фарадей зарядниң сақлиниш қануни ачти:

Һәрқандақ туюқ системиниң электр зарядлириниң алгебрилиқ қошундиси мошу системиниң ичидә һәрқандақ җәриянлар өтүватсиму өзгиришсиз қалиду.

$$q_1 + q_2 + q_3 + \ldots + q_n = \text{const.}$$

Зарядләрниң сақлиниш қануни энергия билән импульсниң сақлиниш қанунлири билән қатар тәбиәтниң асасий қанунлири болуп тепилиду. У макроаләм билән қатар микроаләмгиму пайдилинилиду.

Әстә сақлаңлар!

$$k = 9 \cdot 10^9\ \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2}$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}\ \frac{Кл^2}{Н \cdot м^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

V. Кулон қануни

Икки чекитлик зарядниң өз ара тәсирлишиш қанунини 1785-жили француз алими Ш.Кулон ашқан.

Чекитлик зарядләр – өлчәмлири уларниң арисидики арилиқлиридин интайин кичик болидиған зарядләнгән җисимлар.

Тәҗрибилик йол билән Ш.Кулон төвәндики хуласигә кәлди:

Икки чекитлик зарядләрниң өз ара тәсирлишиш күчи зарядләрни қошидиған түз сизиқ бойи билән йөнәлгән икки зарядниң көпәйтиндичигә тоғра пропорционал вә уларниң арисидики арилиқниң квадратиға экси пропорционал.

$$F_K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon}\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \qquad (1)$$

яки $$F_K = \frac{k\,|q_1||q_2|}{\varepsilon r^2}, \qquad (2)$$

бу йәрдә $|q_1|$, $|q_2|$ – өз ара тәсирлишидиған җисимларниң зарядлириниң модульлири;
r – чекитлик зарядләр арисидики арилиқ;
k – пропорционаллиқ коэффициент;
ε_0 – электрлиқ турақлиқ;
ε – муһитниң диэлектрлиқ өткүрлүги.

Диэлектрлиқ өткүрлүк муһитниң электрлиқ хусусийәтлирини характерләйду, униң өлчәм бирлиги болмайду.

$$\varepsilon = \frac{F_0}{F}.$$

Муһитниң диэлектрлиқ өткүрлүги – диэлектриктики зарядләрниң өз ара тәсирлишиши күчи вакуумға қариғанда нәччә һәссә аз екәнлигини көрситидиған физикилиқ миқдар.

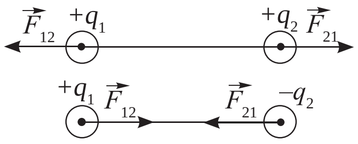
145-сүрәттә икки чекитлик заряднин өз ара тәсирлишиш күчлири берилгән, Ньютонниң үчинчи қануни асасида: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

Кулонлуқ күчләр мәркәзлик болиду, улар чекитлик зарядни қошидиған түзниң бойи билән тәсир қилиду.

VI. Бирнәччә зарядләрниң өз ара тәсирлишиши

Бирнәччә чекитлик зарядләр өз ара тәсирләшкәндә уларниң һәркайсисиға чүширилгән тәң тәсирлик күчни униңға тәсир қилидиған һәммә күчләрниң векторлуқ қошундиси ретидә ениқлайду:

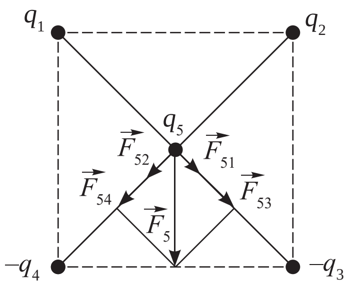
$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n.$$



145-сүрәт. *Центрлиқ кулон күчлири*

Мәсилән, квадратниң мәркизидә орунлашқан зарядкә квадратларниң булуңлирида орунлашқан зарядләр тәрипидин тәсир қилидиған тәң тәсирлик күч *(146-сүрәт)*:

$$\vec{F}_5 = \vec{F}_{51} + \vec{F}_{52} + \vec{F}_{53} + \vec{F}_{54}.$$



146-сүрәт. *Тәң тәсирлик күч векторлуқ қошуш арқилиқ ениқлиниду*

Күчләрниң санлиқ мәналирини (1) яки (2) формула билән һесаплайду, сәвәви икки заряд арисидики өз ара тәсирлишиш күчи башқа зарядләрниң бар болушиға бағлиқ әмәс.

Тәң тәсирлик күчниң модульлирини күчләрни векторлуқ қошуш вақтида алған үчбулуңлуқтин яки координатилиқ усул билән ениқлайду:

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2},$$

бу йәрдә $F_x = F_{1x} + F_{2x} + \ldots + F_{nx}$,
$F_y = F_{1y} + F_{2y} + \ldots + F_{ny}$.

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Квадрат булуңлирида q-ға тәң бирдәк иҗабий заряд орунлашқан. Һәммә зарядләр системиси тәппуңлуқта болуш үчүн квадарт мәркизидә орунлашқан зарядниң миқдари қандақ болуш керәк? Бу тәңпуңлуқ узаққа созуламду?

Берилгини:	**Йешилиши:**
$q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q$	Квадрат булуңлирида орунлашқан зарядниң тәңпуңлуқ шәртини қараштурайли, мәсилән, q_2заряди бар чекиттики зарядни (сүрәтни қараңлар):
q_0–?	$\vec{F}_1 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_0 = 0$

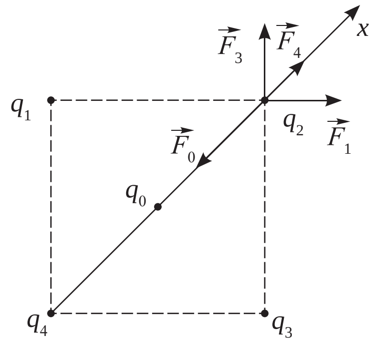
Тәңлиминиң x оқиға проекциясини язайли:

$F_4 + F_1 \cos 45° + F_3 \cos 45° - F_0 = 0,$

Кулон қанунiниң асасида күчләрни һесаплаш формулилирини язайли:

$$F_1 = F_3 = k\frac{q^2}{a^2},\; F_4 = k\frac{q^2}{2a^2}$$

Бу йәрдә a – квадрат тәрәплири.



$$F_0 = k\frac{q|q_0|}{\left(\frac{a}{\sqrt{2}}\right)^2} = k\frac{2q|q_0|}{a^2},$$ әгәр q_0 заряди – сәлбий

болса система тәңпуңлуғини сақлалайду, у чағда:

$$k\frac{q^2}{2a^2} + k\frac{q^2}{a^2}\sqrt{2} - k\frac{2q|q_0|}{a^2} = 0 \Rightarrow |q_0| = \frac{q(1+2\sqrt{2})}{4}.$$

Тәңпуңлуқ турақсиз, сәвәви, зарядниң һәрбири тәңпуңлуқ һалитидин чиқип кәтсә, улар дәсләпки һалитигә қайтип кәлмәйду.

Җавави: $q_0 = -\frac{q(1+2\sqrt{2})}{4}$.

Тәкшүрүш соаллири

1. Қандақ һадисини электрләш дәп атайду?
2. Диэлектрикләрни қандақ усул билән электрләйду?
3. Зарядниң сақлиниш қануни билән Кулон қанунини тәрипләңлар.
4. Қандақ зарядни чекитлик дәп атайду?

Көнүкмә 28

1. Бир-биридин 5 *см* арилиқта орунлашқан 10 *нКл* вә 15 *нКл* икки чекитлик зарядләр қандақ күч билән өз ара тәсирлишиду?

2. Бир-биридин 5 *см* ариликта орунлашқан икки бирдәк чекитлик заряд 0,4 *мН* күч билән тәсирлишиду. Бу зарядләрниң һәрқайсиси немигә тәң?
3. Бири иҗабий 15 *мкКл* заряд билән зарядләнгән, иккинчиси 25 *мкКл* сәлбий заряд билән зарядләнгән икки бирдәк шарларни бир-бирсигә тәккүзди вә қайтидин 10 *см* ариликқа жирақлаштурди. Һәрбир шарниң зарядини вә уларниң тәккүзүлгәндин кейинки өз ара тәсирлишиш күчлирини ениқлаңлар.
4. Жипта массиси 20 *г* зарядләнгән шар илинип туриду. Шарниң салмиғи икки һәссә азийиши үчүн шардин 5 *см* ариликта қандақ q_2 зарядини орунлаштуруш керәк? Шарниң заряди 10^{-6} *Кл*.
5. Узунлуғи 1 *м* жипқа илинған массилири бирдәк икки кичиккинә шарға $9 \cdot 10^{-6}$ *Кл* заряд берилди. Уларниң чәтнәш булуңи 60°. Шарларниң массилирини ениқлаңлар.

Иҗадий тапшурма

Әхбарат тәйярлаңлар (хаһишиңларчә):
1. «Иоффе билән Милликен тәҗрибилири».
2. «Техникида электрләндүрүшни пайдилиниш».

§ 29. Электр мәйдани. Бирхил вә бирхил әмәс электр мәйдани. Электр мәйданлириниң суперпозиция принципи

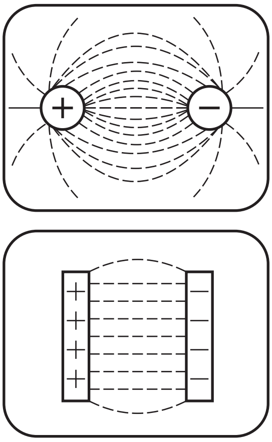
Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *электр мәйданиниң күчинишлигини ениқлаш үчүн суперпозиция принципини қоллиналайсиләр.*

I. Электр мәйдани

Зарядләнгән җисимларниң әтрапидики бошлуқ йеңи хусусийәтләргә егә болиду: униңға киргүзүлгән йеник яки зарядләнгән җисимлар тартилиш яки тепилиш күчлирини сезиду. Күч тәсиридин җисимлар бошлуқта қәтъий (строго) рәт билән орун йөткәйду вә орунлишиду *(147-сүрәт)*.



147-сүрәт. *Зарядләнгән җисимниң әтрапидики ушшақ ләйләп жүргән талчиқларниң орунлишиши*

Зарядләнгән җисимларниң әтрапидики бошлуқни электр мәйдани дәп атайду. Электр мәйдани дегән чүшәнчини дәсләп инглиз алими М. Фарадей киргүзгән. У зарядләрниң өз ара тәсирлишиши вақтида йеқиндин тәсир қилиш нәзәрийәсиниң тәрәпдари болди. Фарадей зарядләр электр мәйданиниң тәсиридин тепилиду яки тартилиду дәп хуласилиди.

Электр мәйдани – зарядләнгән җисимларниң өз ара тәсирлишишини характерләйдиған материяниң алаһидә түри.

Қозғалмайдиған вә вақитниң өтүши билән өзгәрмәйдиған заряднiң электр мәйданини *электростатикилиқ мәйдан* дәп атайду.

Жирақтин тәсир қилиш нәзәрийәсиниң тәрәпдарлири, зарядләр бир-бири билән һәрқандақ арилиқта тәсирлишишидиғанлиға ишәнди.

Җавави қандақ?

Зарядләнгән җисимларниң тәсирлишишини тәтқиқ қилиштики жирақ вә йеқин тәсирлишишиниң асасий айирмичилиғи немидә?

Өз тәҗрибәңлар

Синақ зарядни пайдилинип, зарядләнгән металл шарниң электр мәйданини тәтқиқ қилиңлар. Шарға қандақ заряд берилгинини ениқлаңлар. Зарядни шардин елип ташлиғанда, электр мәйдани қандақ өзгириду?

II. Электр мәйданиниң күчинишлиги. Чекитлик заряднiң күчинишлиги

Күчинишлик – электр мәйданиниң күч характеристики.

Бошлуқниң берилгән чекитидә орунлашқан иҗабий санақ зарядқә тәсир қилидиған күчниң, мошу заряд миқдариниң нисбитигә тәң физикилиқ миқдарни электр мәйданиниң күчинишлиги дәп атайду:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \qquad (1)$$

(1) формулидин q чекитлик заряд мәйданиға киргүзүлгән зарядқә тәсир қилидиған күчни ениқлайли:

$$F = qE. \qquad (2)$$

Кулон қанунининң асасида Q вә q зарядлирининң арисидики өз ара тәсирлишиш күчи монуниңға тәң:

$$F=\frac{k|Q||q|}{r^2} \qquad (3)$$

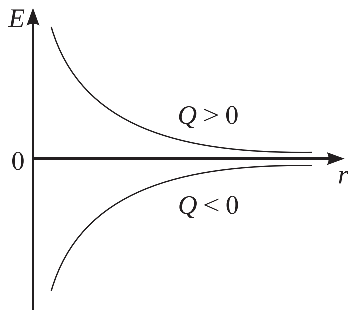
(2) вә (3) формулилиридин:

$$E=\frac{kQ}{r^2} \qquad (4)$$

екәнлиги чиқиду.

Биз *чекитлик заряднинң мәйданининң күчинишлигини һесаплаш формулисини* чиқардуқ. Бошлуқнинң берилгән чекитидики күчинишлик мәйданни һасил қиливатқан жисим заряди билән Q ениқлиниду, у униңға киргүзүлгән q зарядқа бағлинишсиз болуп келиду. Күчинишлик арилиқ функцияси болиду, бошлуқтики чекит мәйдан мәнбәсидин қанчилик жирақ орунлашса, күчинишликнинң модули шунчилик аз болиду *(148-сүрәт)*. (1) формула бойичә, күчинишликнинң өлчәм бирлиги:

$$[E]=1\frac{Н}{Кл}.$$

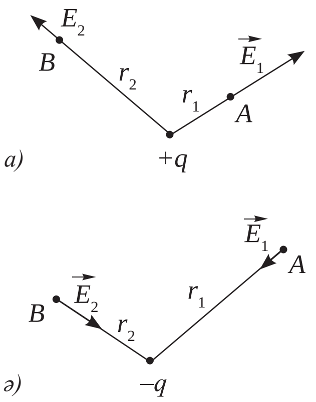


148-сүрәт. *Күчинишликнинң ариликқа бағлинишлиқ графиги*

III. Күчинишлик векторининң йөнилиши вә күч сизиқлири

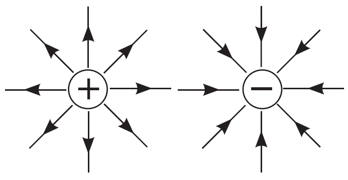
Электр мәйданининң күчинишлиги векторлуқ миқдар болиду. *Бошлуқнинң һәрбир чекитидики күчинишлик векторининң йөнилиши иҗабий синақ зарядқа тәсир қилидиған күчнинң йөнилиши билән мас келиду*

Әгәр мәйданни иҗабий заряд һасил қилса, у бошлуқнинң һәрқандақ чекитидики мәйданнинң күчинишлиги радиал түзнинң бойи билән зарядтин нери қарап *(149, а-сүрәт)* йөнилиду. Сәлбий заряд мәйданида күчинишлик вектори радиал түзнинң бойи билән зарядқа қарап *(149, ә-сүрәт)* йөнилиду. Радиал түзләр – булар күчләрнинң тәсир қилиш сизиқлири, йәни улар электр мәйданининң күч сизиқлири болиду. *(150-сүрәт)*.



149-сүрәт. *Чекитлик заряд мәйданининң векторининң йөнилиши радиал түзләр бойи билән йөнәлгән*

Дәсләп, күч сизиқлири чүшәнчисини М.Фарадей мәйдан тәсвири көрнәклик вә қолайлиқ болуш үчүн киргүзди. Қариму-қарши бәлгүдики икки чекитлик зарядләр арисидики вә һәрхил намлиқ зарядәнгән икки пластина арисидики мәйданнинң күч сизиқлири 151-сүрәттә тәсвирләнгән.



а) ә)

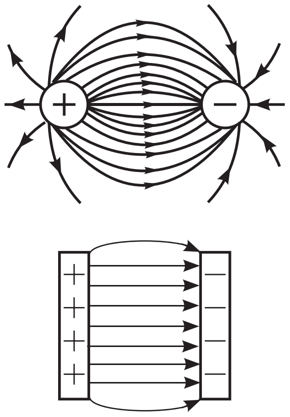
150-сүрәт. *Иҗабий вә сәлбий чекитлик зарядләрнинң күч сизиқлири*

Электр мәйданининң күч сизиқлири – һәрбир чекиттики яндашмиларнинң йөнилиши мәйданнинң күчинишлик векторининң йөнилиши билән мас келидиған сизиқлар

Күч сизиқлириниң мәнзириси монуни көрситиду:

1) *электр мәйданиниң күч сизиқлири бир-бири билән қийилишмайду, сәвәви бошлуқниң һәрқандақ чекитидә күчинишлик бирнәччә йөнилишкә егә болалмайду;*

2) *электр мәйданиниң күч сизиқлири туюқланған, улар иҗабий зарядтин башлиниду вә сәлбий зарядта аяқлишиду.*



151-сүрәт. *Һәрхил намлиқ зарядләр билән һәрхил намлиқ зарядләнгән пластиниларниң арисидики мәйданиниң күч сизиқлири*

IV. Бирхил вә бирхил әмәс мәйданларниң күч сизиқлири

150, 151-сүрәтләрдики электр мәйданиниң күч сизиқлирини селиштурайли. Икки пластина пәйда қилған мәйданниң күч сизиқлири бирдәк ариликта орунлашқан параллель сизиқлар, уларниң зичлиғи өзгәрмәйду. Мундақ мәйданни бирхил дәп аташ келишилгән. Бирхил мәйдан үчүн күчинишлик вектори униң барлиқ чекитлиридә турақлиқ:

$$\vec{E} = const.$$

Чекитлик заряд пәйда қилған бирхил әмәс мәйдан үчүн зарядқә йеқин әтрапта күч сизиқлириниң зичлиғи зич, зарядттин жирақлиғансери зичлиғи азийиду, бу мәйданниң күчинишлигиниң өзгиридиғанлиғини көрситиду. Күч сизиқлири қанчилик зич орунлашса, мәйдан күчинишлиги шунчилик көп болиду.

V. Мәйданларниң суперпозиция принципи

Бирнәччә зарядниң тәсирлишишидин мәйданларниң қәвәтлишиши болиду, буни суперпозиция принципи дәп атайду.

> **Зарядләр системиси пәйда қилған электр мәйданиниң бошлуқниң берилгән чекитидики күчинишлиги һәрбир заряд мәйданиниң күчинишлигиниң геометриялик қошундисиға тәң.**

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + ... + \vec{E}_n$$

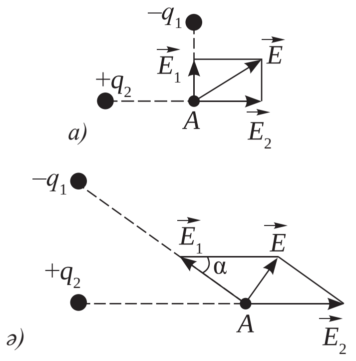
A чекитидә икки чекитлик заряд пәйда қилған мәйданниң күчинишлигини ениқлайли *(152-сүрәт)*:

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

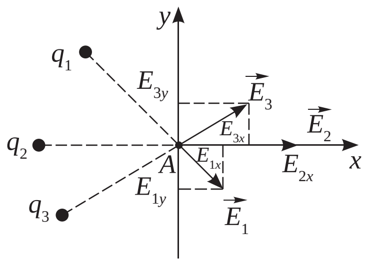
Күчинишлик векториниң модулини Пифагор теоремиси бойичә һесаплаймиз *(152, а-сүрәт):*

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

яки косинуслар теоремиси билән *(152 ә-сүрәт)*:



152-сүрәт. *Бирнәччә заряд пәйда қилған мәйданниң күчинишлиги күчинишликләрниң геометриялик қошундисиға тәң*



153-сүрәт. *Бирнәччә заряд мәйданиниң күчинишлигини ениқлашниң координатилиқ усули*

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2\cos\alpha}.$$

Зарядлəр сани көп болғанда векторлар пəй-дин-пəй қошулиду яки координатилиқ усул қоллинилиду *(153-сүрəт)*. Координата бешини көрситилгəн чекиткə кəлтүрүп, таллап елинған оқлардики күчинишлик векторлириниң проекциялириниң қошундилирини ениқлайду:

$$E_x = E_{1x} + E_{2x} + F_{3x},$$
$$E_y = E_{1y} + E_{2y} + F_{3y},$$

у чағда барлиқ вектор қошундилириниң модули:

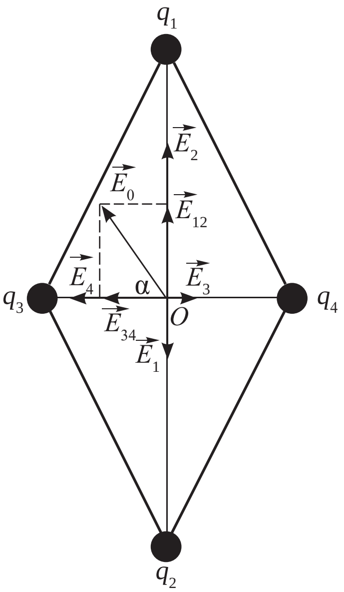
$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$ тəң болиду

Жавави қандақ?

1. *Немишкə электр мəйданиниң күч сизиқлири қийилишмайду?*
2. *Немишкə электр мəйданиға киргүзүлгəн йеник зарядлəнмигəн жисимлар, мошу мəйданни пəйда қилған зарядлəнгəн жисимға тартилиду?*
3. *Немишкə бирхил мəйданға киргүзүлгəн чекитлик заряд орниниң өзгириши униңға тəсир қилидиған күч мəнасиға тəсир қилмайду?*

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Ромб диагональири $d_1 = 96$ *см* вə $d_2 = 32$ *см*. Узун диагональниң учлирида $q_1 = 64$ *нКл* вə $q_2 = 352$ *нКл* зарядлири, қисқа диагональиниң учлирида болса $q_3 = 8$ *нКл*, $q_4 = 40$ *нКл* зарядлири орунлашқан. Ромбиниң қисқа диагональиға нисбəтəн ромб мəркизидики электр мəйданиниң күчинишлигиниң модулини вə йөнилишини ениқлаңлар.



Берилгини:
$d_1 = 96$ *см*
$d_2 = 32$ *см*
$q_1 = 64$ *нКл*
$q_2 = 352$ *нКл*
$q_3 = 8$ *нКл*
$q_4 = 40$ *нКл*

E – ? α – ?

Йешилиши:

q_1, q_2, q_3, q_4 зарядлири пəйда қилған мəйданлар күчинишликлириниң ромб мəркизидики векторлирини сизип көрситəйли (сүрəтни қараңлар). Электр мəйданиниң күчинишликлириниң модульлири төвəндикичə болиду:

$$E_1 = \frac{4kq_1}{d_1^2},\ E_2 = \frac{4kq_2}{d_1^2},\ E_3 = \frac{4kq_3}{d_2^2},$$

$$E_4 = \frac{4kq_4}{d_2^2}.$$

Суперпозиция принципи асасида мундақ йезишқа болиду: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4$.

Күчлəрни бир-бири билəн қошуп, Пифагор теоремиси бойичə ромб мəркизидики мəйданниң күчинишлигиниң модулини ениқлаймиз:

$$E = \sqrt{(E_2 - E_1)^2 + (E_4 - E_3)^2} =$$

$$= \left(\frac{4k}{d_1^2d_2^2}\right)\sqrt{(q_2 - q_1)^2 d_2^4 + (q_4 - q_3)^2\, d_1^4} = 15{,}9\,кВ/м.$$

Бу күчинишлик йөнилиши билән қисқа дигональ арисидики булуң мону ипадә билән ениқлиниду:

$$tg\alpha = \frac{E_2 - E_1}{E_4 - E_3} = \frac{(q_2 - q_1)d_2^2}{(q_4 - q_3)^2 d_1^2} = 1, \text{ йәни } \alpha = 45°.$$

Жаваби: $E = 15{,}9$ к*В/м*; α = 45°.

Тәкшүрүш соаллири

1. Электр мәйдани дегинимиз немә?
2. Зарядләрниң өз ара тәсирлишишини чүшәндүрүштә йеңидин тәсир қилиш нәзәрийәси билән жирақтин тәсир қилиш нәзәрийәсиниң айирмчилиғи немидә?
3. Электр мәйданиниң күчинишлиги дегинимиз немә? У қандақ ениқлиниду? Йөнилиши қандақ?
4. Мәйданларниң суперпозиция принципи дегинимиз немә?
5. Қандақ мәйданни бирхил дәп атайду? Қандақ мәйдан бирхил әмәс?

Көнүкмә 29

1. Электрон күчинишлиги 10 *В/м* мәйданда қандақ иштикләш билән һәрикәтлиниду?
2. Һәрқайсиси 0,1 *мкКл* зарядләр бир-биридин 6 *см* арилиқта орунлашқан. Һәрбир зарядтин 5 *см* арилиқтики чекиттики электр мәйданиниң күчинишлигини тепиш керәк. Бу һесапни төвәндики һаләтләр үчүн һесаплаңлар:
   а) иккила заряд ижабий;
   б) биринчи заряд ижабий, иккинчи сәлбий болған һаләтләр.
3. Ипәк жипқа илинған зарядләнгән металл шарни бирхил электр мәйданиға киргүзди. Жип вертикалдин 45° булуңға чәтниди. Шардин униң зарядиниң 0,1 үлүши екип кәтсә, жипниң чәтнәш булуңи қандақ өзгириду? Мәйданниң күчинишлик сизиқлири горизонтал йөнәлгән
4. Икки чекитлик зарядтин 20 *см* ариліқтики мәйдан $4 \cdot 10^{-4}$ *В/м* болса, у чағда бу чекитлик зарядтин 2 *м* ариліқтики электр мәйданиниң күчинишлигини тепиңлар. Шуниң билән биллә мәйданни пәйда қилған заряд миқдарини ениқлаңлар.
5. $q_1 = q_2 = 4 \cdot 10^{-8}$ *Кл* вә $q_2 = -8\ 10^{-8}$ *Кл* үч зарядни тәрәплири $a = 30$ *см* үчбулуңлуқниң чоққилириға орунлаштурди. Үчбулуңлуқ мәркизидики мәйданниң күчинишлигини ениқлаңлар.

§ 30. Электр мәйданиниң күчинишлик векториниң еқими. Гаусс теоремиси

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:
зарядләнгән чәксиз тәкшиликниң, шарниң, сфериниң вә чәксиз жипниң электр мәйданиниң күчинишлигини ениқлаш үчүн Гаусс теоремисини қоллинишни үгинисиләр.

Әстә сақлаңлар!

Бәт түз әмәс яки мәйдан бирхил болмиған һаләттә күчинишлик векториниң еқимини ениқлаш үчүн бәтни кичигирәк бөләкләргә бөлиду, уларни түз вә һәрбириниң чекидики мәйданни бирхил дәп санашқа болиду. Шуниңдин кейин S_i *кичик мәйданлар арқилиқ* күчинишлик векториниң Φ_i элементар еқимлирини тапиду. Бәт арқилиқ өтидиған толуқ еқим униң барлиқ бөләклириниң элементар еқимлириниң қошундисиға тәң (2-формула).

I. Электр мәйданиниң күчинишлик еқими

Мәйдани S түз бәт, күчинишлиги $\vec{E}$> бирхил электр мәйданида орунлашқан *(154-сүрәт)*. n вектори – бәткә нормал, күчинишлик сизиқлири билән нормал арисидики булуң α-ға тәң.

Күчинишлик векториниң еқими күчинишлик векториниң нормал тәшкил қилғучисини бәт мәйданиға көпәйткәнгә тәң:

$$\Phi_E = E_n S = ES\cos\alpha, \qquad (1)$$

бу йәрдә Φ_E – күчинишлик векториниң еқими.

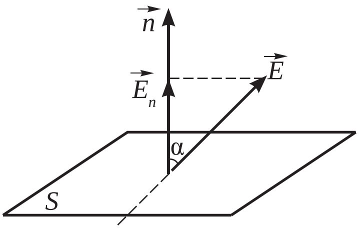
Бирхил әмәс мәйдан үчүн күчинишлик еқими төвәндики формула билән ениқлиниду:

$$\Phi_E = \sum_{i=1}^{n} \Phi_{Ei} = \sum_{i=1}^{n} E_i S_i \cos\alpha_i \qquad (2)$$

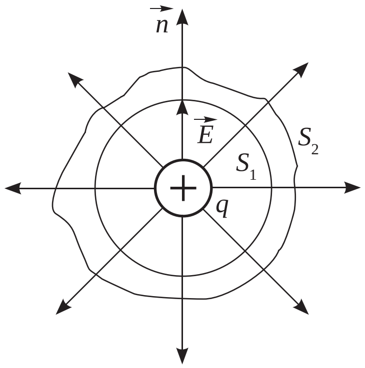
II. Чекитлик зарядниң күчинишлик еқими

155-сүрәт бойичә S_1 сферилиқ бәт арқилиқ чекитлик заряд мәйданиниң күчинишлик еқимини (2) формулини пайдилинип ениқлайли.

Чекитлик заряд мәйданиниң күчинишлик вектори радиус бойи билән йөнәлгән, демәк, у сферилиқ бәткә перпендикуляр вә униң ташқи нормали билән α = 0, cos α = 1 булуң ясап орунлашқан. Чекитлик заряд мәйданиниң күчинишлиги сфериниң һәрқандақ чекитидә бир мәнаға тәң болиду вә төвәндики формула билән ениқлиниду: $E = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$,



154-сүрәт. *Нормал һасил қилғучи күчинишликниң сизиғиниң йөнилиши билән нормал арисидики булуңға бағлиқ*



155-сүрәт. *S_1 вә S_2 бәтлири арқилиқ өтидиған күчинишлик еқими бирдәк*

бу йәрдә r – сферириниң радиуси. Күчинишликниң Φ_E толуқ еқимини сфериниң $S = 4\pi r^2$ мәйдани арқилиқ ипадиләшкә болиду:

$$\Phi_E = \sum_{i=1}^{n} \Phi_{Ei} = E\sum_{i=1}^{n} S_i = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}$$

$$\Phi_E = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0} \tag{3}$$

Елинған ипадиләргә қарап, күчинишлик еқиминиң туюқ бәтниң мәйданиға бағлиқ әмәс екәнлигини байқашқа болиду. У униң ичидә орунлашқан зарядләр вә муһитниң диэлектрлиқ өткүрлүги билән ениқлиниду. Демәк, һәрқандақ S_2 бәт арқилиқ өтидиған күчинишлик еқиминиң мәнаси S_1сферилиқ бәт арқилиқ өтидиған еқимниң мәнаси билән бирдәк болиду *(155-сүрәт)*.

Сфериниң радиусини арттурған һаләттә күч сизиқлириниң зичлиғи вә электр мәйданиниң күчинишлиги азийиду.

Туюқ бәтниң тешида орунлашқан заряднең күчинишлик еқими нөлгә тәң, сәвәви у бәттин икки қетим тешип өтүш арқилиқ қариму-қарши бәлгүгә егә болиду.

III. Гаусс теоремиси

Әгәр туюқ бәтниң ичидә бир яки бирнәччә чекитлик заряд орунлашса яки у қандақту бир бәттә яки һәҗимдә таралса, у чағда елинған (3) ипадә суперпозиция принципи асасида мону түргә келиду:

$$\Phi_E = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i}{\varepsilon\varepsilon_0} \tag{4}$$

Күчинишлик еқими бәтниң формисиға вә униң ичидики заряднең орунлишишиға бағлиқ әмәс. У туюқ бәтниң ичидики пүткүл зарядләрниң қошундиси билән ениқлиниду:

$$q = \sum_{i=1}^{n} q_i .$$

Елинған нисбәтни немис математиги Карл Фредрих Гаусс ашқан, шуниң үчүн Гаусс теоремиси дегән намға егә:

Һәрқандақ туюқ бәт арқилиқ өтидиған күчинишлик еқими бәт ичидики һәммә әркин электр зарядләрниң алгебрилиқ қошундисини $\varepsilon\varepsilon_0$ көпәйтиндисигә бөлгәнгә тәң.

1-тапшурма

1. Һава бошлуғида орунлашқан зарядлири: $q_1 = -2\cdot10^{-5}$ *Кл,* $q_2 = 4\cdot10^{-5}$ *Кл,* $q_3 = 4\cdot10^{-5}$ *Кл* үч шарни өз ичигә алидиған сферилиқ бәт арқилиқ өтидиған күчинишлик еқимини ениқлаңлар.
2. Сферилиқ бәтниң радиусини 2 һәссә ашурса, электр күчинишликниң еқими қандақ өзгириду?
3. Әгәр сферини эллипсоид қилип созсақ, күчинишлик еқими артамду йә азиямду?
4. Әгәр зарядләрниң суға салсақ, күчинишлик еқими қандақ өзгириду?
5. Әгәр зарядләнгән җисимлар һава бошлуғида болса, күчинишлик еқимини ениқлаңлар.
6. Әгәр зарядләрниң туюқлаған бәтниң тешиға орунлаштурсақ, күчинишлик еқими қандақ өзгириду?

2-тапшурма

Өткүзгүч шарниң мәйданиниң күчинишлиги зарядләнгән сфера охшаш ениқлинидиғанлиғини испатлап бериңлар.

IV. Зарядләнгән шарниң вә сфериниң мәйданиниң күчинишлиги

Радиуси R зарядләнгән сфера мәйданиниң күчинишлигиниң еқимини радиуси $R_1 > R$ йоған сфера арқилиқ ениқлайли *(156-сүрәт)*:

$$\Phi_E = E \cdot 4\pi R_1^2 \qquad (5)$$

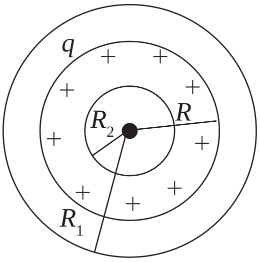
Елинған бәтниң ичидә зарядләнгән сфера орунлашқан, шуңлашқа $\Phi_E = \dfrac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}$ Гаусс теоремисини қоллинишқа болиду.

Гаусс тәңлимиси билән биллә (5) тәңлимини йешип, зарядләнгән сфера мәйданиниң күчинишлигини төвәндикидәк язимиз:

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R_1^2} \qquad (6)$$

яки

$$E = \frac{kq}{\varepsilon R_1^2} \qquad (7).$$



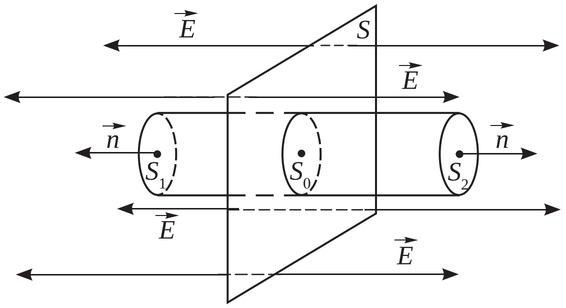
156-сүрәт. *Радиуси R зарядләнгән сфериниң ичидә мәйдан йоқ E = 0. Сфериниң тешида мәйданниң күчинишлиги сфериниң мәркизидә орунлашқан заряд охшаш ениқлиниду*

Зарядләнгән сфера мәйданиниң күчинишлигини һесаплаш формулилири чекитлик заряд күчинишлигини һесаплаш формулилириға охшаш екәнлигини көрүп оттурисиләр. $R_2 < R$ радиуси кичик сфера үчүн мәйданниң күчинишлиги нөлгә тәң. Бу бәтниң ичидә заряд йоқ, $\Phi_E = 0$.

V. Бирхил зарядләнгән чәксиз тәкшиликниң мәйданиниң күчинишлиги

Чәксиз тәкшиликниң электр мәйданиниң күч сизиқлири униң бетигә перпендикуляр *(157-сүрәт)*. Кулон күчиниң тәсиридин униң бетидики заряд бәтлик зичлиқ билән бирхил тарилиду:

$$\sigma = \frac{q}{S}. \qquad (8)$$



157-сүрәт. *Чәксиз тәкшиликниң мәйданиниң күчинишлиги бошлуқниң барлиқ чекитлиридә бирдәк мәнаға егә болиду. Мәйдан бирхил*

Җавави қандақ?

1. *Немишкә зарядләнгән сфериниң ичидә мәйданниң күчинишлиги нөлгә тәң?*
2. *Немишкә чәксиз зарядләнгән пластиниға йеқин орунлашқан зарядқә тәсир қилидиған күч уларниң арилиғиға бағлиқ әмәс?*
3. *Немишкә өлчими кичик зарядләнгән пластиниларниң мәйдани бирхил әмәс?*

Мәйдани S_0, $q = \sigma S_0$ заряди бар бәтни таллап алайли, мошу заряд пәйда қилған һәрқандақ туюқ бәт арқилиқ өтидиған күчинишлик еқимини ениқлайли. Ян бети күчинишлик векториға параллель болидиған цилиндрлиқ бәт таллап алайли. Шундақ қилип, ян бәт арқилиқ өтидиған еқимни чиқириветимиз вә мәсилини йешиш цилиндрниң S_1 вә S_2 асаслири арқилиқ өтидиған күчинишлик еқимни тепиш болиду.

$\Phi_E = E_n \cdot 2S$ вә $\Phi_E = \dfrac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}$ тәңлимилирини бириктүрүп йешиш арқилиқ, зарядләнгән пластинининң элеткр мәйданининң күчинишлигини һесаплаш формулисини алимиз:

$$E = \frac{q}{2\varepsilon\varepsilon_0 S} \qquad (9)$$

яки

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0} \qquad (10)$$

Елинған формулидин *зарядләнгән чәксиз тәкшиликниң мәйданиниң күчинишлиги униңдин һәрқандақ арилиқта турақлиқ екәнлигини көримиз, пластинининң электр мәйдани бирхил.*

VII. Бирхил зарядләнгән чәксиз жипниң (цилиндрниң) мәйдани

Радиуси R чәксиз жип бирхил зарядләнгән болсун дәйли *(159сүрәт).* Заряднинң сизиқлиқ зичлиғи $\tau = \dfrac{\Delta q}{\Delta l}$, бу йәрдә Δq – узунлуғи Δl болидиған жипниң бөлигидики заряд. Узунлуғи l жип зарядини сизиқлиқ зичлиқ арқилиқ:

$$q = \tau \Delta l \qquad (11)$$

Күчинишлик сизиқлири жип бетигә перпендикуляр, улар радиал түзниң бойи билән йөнәлгән. Цилиндр шәкиллик туюқ бәтни таллап алайли, униң оқи $00'$ оқи билән мас келиду. Мәйдани $S = 2\pi rl$ цилиндрниң ян бети арқилиқ өтидиған еқим:

$$\Phi_E = ES = E\,2\pi rl \qquad (12)$$

Гаусс теоремисини вә (11) билән (12) формулилирини пайдилинип, мундақ ипадә алимиз:

$$E \cdot 2\pi r \cdot l = \frac{\tau \cdot l}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0}$$

буниңдин зарядләнгән чәксиз жиптин һасил болған мәйдан күчинишлүгини ипадиләймиз:

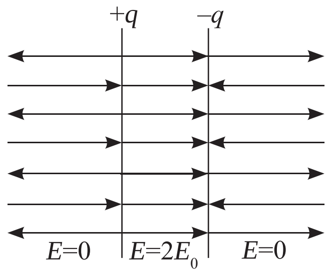
$$E = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 r},$$

4-тапшурма

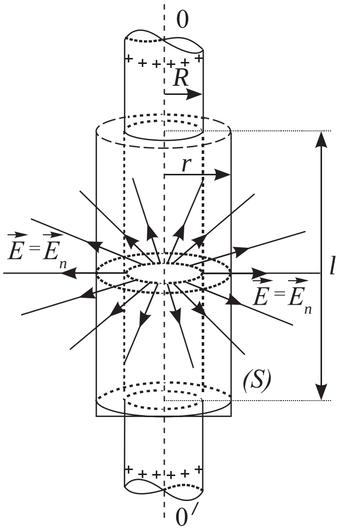
Гаусс теоремисини пайдилинип, электр мәйданининң күчинишлигини һесаплаш формулисини йәкүнләп чиқириш алгоритмни қуруңлар.

3-тапшурма

1. Һәрхил намлиқ зарядләр билән зарядләнгән пластинилар арисидики мәйдан күчинишлиги 2 һәссә өсидиғанлиғини испатлаңлар (*158-сүрәт):*
$E = \dfrac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$.
2. Мәйдан күчинишлиги икки пластидин сирт болғанда нөлгә тәң $E = 0$ екәнлигини испатлаңлар *(158-сүрәт).*



***158-сүрәт.** Икки чәксиз тәкшилик пәйда қилған электр мәйдани пластинилар арисидики бошлуққа жиғилиду*



***159-сүрәт.** Күчинишлик векторлири ян бәт арқилиқ нормал билән һәрбир чекиттә нөлгә тәң булуң һасил қилиду*

бу йәрдә r – жип (цилиндр) оқидин берилгән чекиткичә арилиқ. Өткүзидиған жипниң ичидә мәйдан йоқ.

5-тапшурма

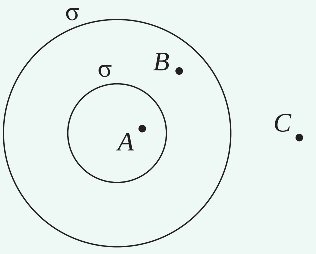
Цилиндрниң жуқарқи вә төвәнки бети билән өтидиған күчинишлик еқими нөлгә тәң екәнлигини испатлаңлар *(159-сүрәт).*

Тәкшүрүш соаллири

1. Элементар мәйдан арқилиқ өтидиған күчинишлик еқимини қандақ ениқлайду?
2. Күчинишлик еқими немини характерләйду?
3. Гаус нәзәрийәсиниң мәнаси немидә?
4. Қандақ һаләтләрдә Гаусс теоремисини пайдилиниш һесаплашни йеникләштүриду?

Көнүкмә 30

1. Ичидә $q_1 = 15$ *нКл*, $q_2 = -25$ *нКл* вә $q_1 = 1$ *нКл* зарядләр орунлашқан кубниң ян бәтлири арқилиқ өтидиған күчинишлик еқимини ениқлаңлар.
2. Зарядләнгән радиуси r өткүзгүч шар радиуси R металл торниң ичидә орунлашқан *(160-сүрәт)*. Шар мәркизидин R_A, R_B, R_C арилиқта орунлашқан A, B, C чекитлиридики күчинишлик мәналирини ениқлаңлар. Шар билән тордики зарядләрниң бәтлик зичлиғи σ.



160-сүрәт. *2-һесапқа*

3. Радиуси R өткүзгүч сфера, бәтлик зичлиғи σ зарядләнгән ички радиуси R_1, ташқи радиуси R_2 өткүзгүч сфера билән қоршалған. Мәйдан күчинишлигиниң r бағлинишини тепиңлар вә мошу бағлинишиниң графигини сизиңлар.
4. Икки параллель зарядләнгән пластинилирниң бәтлик зичлиқлири –σ вә +σ ға тәң. Пластинилар арисидики арилиқ d-ға тәң. Әгәр X оқи пластинилар тәкшилигигә перпендикуляр жүргүзүлгән болса, мәйдан күчинишлигиниң X координатисиға бағлинишлиқ әгирини сизиңлар.
5. Чоң зарядләнгән пластининиң мәркизидики мәйдан күчинишлиги $E = 10^{-4}$ *В/м*. Күчинишлик сизиқлири пластиниға қандақ йөнәлгән? Әгәр пластина бирхил зарядләнгән болса, пластинидики зарядләрниң бәтлик зичлиғи қандақ?
6. Жипта массиси $m = 20$ *г* вә заряди $q = 10^{-6}$ *Кл* шар илинип туриду. Әгәр жипниң тартилиш күчини икки һәссә азайтсақ, у чағда шар астидики горизонтал пластиниға берилгән зарядләрниң бәтлик зичлиғи немигә тәң болиду?

§ 31. Заряднинң орун йөткигәндики электр мәйданиниң иши. Электр мәйданиниң потенциали вә потенциал айримиси

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *чекитлик заряднинң электр мәйданиниң потенциали билән ишини һесаплалайсиләр.*

1-тапшурма

Заряд *A* чекиттин *C* чекитигә, униңдин кейин *B* чекитигә орун йөткисә, $A = qEd$ иш орунлинидиғанлиғини испатлаңлар *(161-сүрәт)*

Электр мәйданиға орунлаштурулған зарядқә күч тәсир қилиду, униң тәсиридин заряд йөткилиду. Бирхил вә бирхил әмәс мәйданларда заряднинң орун йөткәш ишини ениқлайли.

I. Бирхил мәйдандики заряднинң орун йөткишидики мәйданниң иши

Иҗабий заряд *q* зарядләнгән пластиниларниң электр мәйданиниң күчлириниң тәсиридин бир пластининиң *A чекитидин иккинчи пластининиң B* чекитигә орун йөткиди дәйли, пластиниларниң арилиқлири *d (161-сүрәт)*. Заряд орун йөткигәндә мәйданниң орунлиған иши монуниңға тәң болиду:

$$A = FS\cos\alpha$$

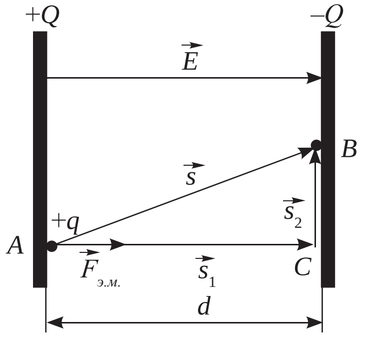
$F = qE$, $S\cos\alpha = d$ екәнлигини инавәткә алсақ, мону ипадини алимиз:

$$A = qEd. \qquad (1)$$

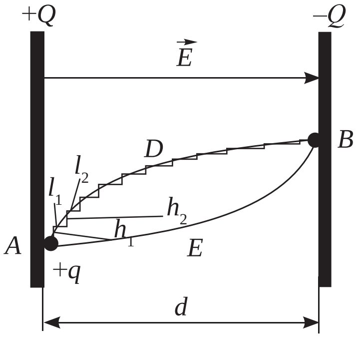
Заряднинң *ADB* сизиғиниң бойи билән орун йөткишини қараштурайли *(162-сүрәт)*. Заряд һәрикәтләнгән һәрқандақ траекторияни йолниң бираз горизонтал l_1, l_2, …, l_n вә вертикал h_1, h_2, …, h_n бөләклиридәк қараштурушқа болиду. Горизонтал бөләклирини қошуп $l_1 + l_2 + … + l_n = d$ алимиз, буниңдин йолниң горизонтал бөләклиридики иш төвәндикидәк болиду:

$$A = qEd.$$

Йолниң вертикал бөләклиридики иш нөлгә тәң, сәвәви күч вектори билән орун йөткәш вектори арисидики булуң 90°-қа тәң, йәни $\cos 90° = 0$.



161-сүрәт. *Бирхил электр мәйданиниң иши һәрикәт траекториясигә бағлиқ әмәс*



162-сүрәт. *Туюқ контур бойидики электр мәйданиниң иши нөлгә тәң*

Заряднинң бир чекиттин иккинчи чекиткә орун йөткиши вақтида орунлинидиған иш һәрикәт траекториясигә бағлиқ әмәс. У пәқәт мошу чекитләрниң мәйдандики орниғила бағлиқ болиду.

Биз бурун гравитациялик мәйдан үчүн елинған хуласигә кәлдуқ.

II. Зарядләнгән җисимниң бирхил электр мәйданидики потенциаллиқ энергияси

ADBEA туюқ контур билән һәрикәтлинидиған зарядни қараштурайли *(164-сүрәт)*. Җисим *B* чекитидин *A* чекитигә қарап һәрикәтләнгәндә, горизонтал бөләклиридики күч билән орун йөткәш арисидики булуң 180°, демәк, $\cos\alpha = -1$. Электр мәйдани сәлбий иш орунлайду: $A_{BEA} = -qEd$. Туюқ контур *ADBEA* бойичә орунлинидиған иш нөлгә тәң: $A = A_{ADB} + A_{BEA} = qEd - qEd = 0$.

Җисимниң туюқ контур бойи билән орун йөткигән чағда орунлайдиған иши нөлгә тәң болидиған мәйданларни потенциаллиқ мәйданлар дәп атайду.

Мундақ мәйданларға гравитациялик мәйдан вә қозғалмайдиған заряд пәйда қилған электр мәйдан ятиду. Потенциаллиқ мәйданниң ишини җисимниң потенциаллиқ энергиясиниң өзгириши бойичә ениқлашқа болиду:

$$A = -(W_{p2} - W_{p1}). \qquad (2)$$

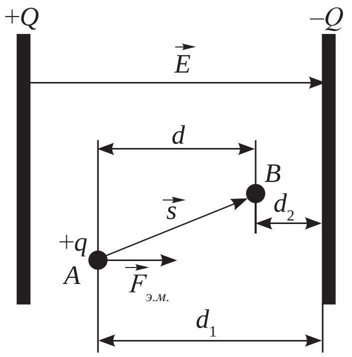
A вә *B* чекитлири пластинидин d_1 вә d_1 арилиқта орунлашқан һәрқандақ чекитләр болсун *(163-сүрәт)*. *d* кесиндисини мошу арилиқлар арқилиқ ипадиләйли: $d = d_1 - d_2$, шу чағда

$$A = -(qEd_1 - qEd_2). \qquad (3)$$

(2) вә (3) формулилиридин бирхил мәйдандики зарядләнгән җисимниң потенциаллиқ энергияси:

$$W_p = qEd. \qquad (4)$$

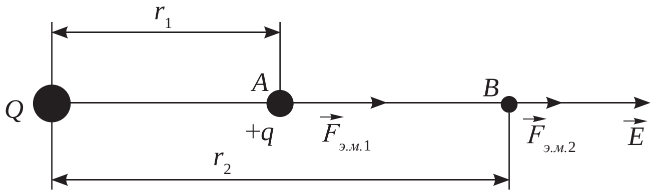
екәнлиги чиқиду.



163-сүрәт. *A вә B чекитидики электр мәйданиниң арилиғини ениқлаш*

III. Бирхил әмәс электр мәйданидики зарядниң орун йөткәш иши. Чекитлик заряд мәйданидики җисимниң потенциаллиқ энергияси

Q иҗабий заряди пәйда қилған мәйданниң күч сизиқлириниң бойи билән *q* заряди *A* чекитидин *B* чекитигә орун йөткиди дәйли *(164-сүрәт)*.



164-сүрәт. *Q заряди пәйда қилған мәйданда q заряди орун йөткигәндики электр мәйданиниң иши*

Зарядниң орнини йөткәйдиған күч арилиқниң квадратиға экси пропорционал:

$$F_A = \frac{kQq}{\varepsilon \cdot r_1^2}, \quad F_B = \frac{kQq}{\varepsilon \cdot r_2^2}$$

вә өзгәрмә миқдар болиду. Бирхил әмәс гравитациялик мәйдан билән охшашлиғини пайдилинип, электр мәйданниң заряд орун йөткигәндики орунлиған ишини һесаплайдиған формулини язайли:

$$A = F_{ot.}(r_1 - r_2) = \frac{kqQ}{\varepsilon \cdot r_1} - \frac{kqQ}{\varepsilon \cdot r_2} \qquad (5)$$

Елинған ипадидин

$$W_p = \frac{kQq}{\varepsilon \cdot r} \qquad (6)$$

қозғалмайдиған Q зарядниң электр мәйданидики q зарядниң потенциаллиқ энергияси яки диэлектриклиқ өткүрлүги ε болидиған бошлуқтики Q вә q чекитлик зарядлириниң r арилиқтики өз ара тәсирлишиш энергияси.

Зарядләнгән җисимниң қандақту бир чекитидики энергияси заряд мәйданиниң мошу чекитидин чәксизликкә орун йөткиши вақтида орунлиған ишиға тәң.

(6) ипадини (5) ипадисигә қоюп, монуни алимиз:

$$A = -(W_{p2} - W_{p1}). \qquad (7)$$

Бирхил әмәс электр мәйданидики зарядниң орун йөткиши вақтидики иши зарядләнгән җисимниң минус бәлгүси билән елинған потенциаллиқ энергиясигә тәң.

> **Әстә сақлаңлар!**
>
> Бирхил әмәс электр мәйданиниң орун йөткәш иши монуниңға тәң:
>
> $$A = \frac{kQq}{\varepsilon \cdot r_1} - \frac{kQq}{\varepsilon \cdot r_2}$$

IV. Бирхил мәйданниң потенциали

Мәйдан потенциали зарядниң потенциаллиқ энергиясиниң шу зарядқә болған нисбитигә тәң:

$$\varphi = \frac{W_p}{q}. \qquad (8)$$

У иҗабий яки сәлбий мәнаға егә болуши мүмкин.

Мәйданниң потенциаллар айримисиниң физикилиқ мәнаси бар, сәвәви у арқилиқ мәйданниң зарядниң орун йөткиши бойичә орунлайдиған күч иши ипадилиниду.

Бирхил электр мәйдани үчүн чекит мәйданиниң потенциали монуниңға тәң:

$$\varphi = \frac{qEd}{q} = Ed. \qquad (9)$$

(9) ипадини (3) ипадигә қоюп, чекитиниң дәсләпки вә ахирқи потенциалиниң арисидики бағлинишни алимиз:

$$A = -(q\varphi_2 - q\varphi_1) \text{ яки}$$
$$A = -q(\varphi_2 - \varphi_1). \qquad 10)$$

> **Әстә сақлаңлар!**
>
> **Мәйдан потенциали – мәйданниң энергетикилиқ хусусийити.**
> У берилгән мәйданнниң қандақту бир чекитигә киргүзүлгән иҗабий зарядниң потенциаллиқ энергиясини характерләйду. Потенциалниң өлчәм бирлиги.
>
> $$[\varphi] = \frac{1Дж}{1Кл} = 1В$$

V. Чекитлик заряд пәйда қилған бирхил әмәс электр мәйданниң потенциали

(6) вә (8) формулилирини пайдилинип, чекитлик зарядниң мәйдан потенциалини ипадиләйли:

$$\varphi = \frac{kQ}{\varepsilon \cdot r} \qquad (11)$$

бу йәрдә Q – мәйданни пәйда қилған чекитлик заряд.

> **Әскә чүшириңлар!**
>
> Мәйданниң икки чектиниң потенциаллириниң айримисини күчиниш дәп атайду $U = (\varphi_1 - \varphi_2)$.
> Мәйданниң иши вә күчинишни келәси нисбәт билән бағлиқ:
> $A = qU$.

VI. Бирнәччә чекитлик заряд пәйда қилған мәйдан потенциали

Бирнәччә чекитлик заряд пәйда қилған мәйдан потенциали уларниң һәркайсисиниң потенциаллирниң алгебрилик қошундисиға тәң:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \ldots + \varphi_n. \qquad (12)$$

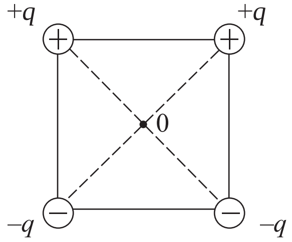
тәңлимә мәйданларниң энергетикилик характеристикилири үчүн суперпозиция принципиниң тәңлимиси болуп тепилиду. Иҗабий заряд мәйданиниң потенциали – иҗабий, сәлбий зарядники – сәлбий.

VII. Потенциаллиқ энергияни һесаплаш үчүн нөллүк сәвийәни таллаш

Зарядләнгән җисимларниң өз ара тәсирлишишиниң потенциаллиқ энергияси зарядләрниң бирини чәксизликкә елип кәткәндә нөлгә интилиду. Нәзәрийәвий һесаплашларда потенциалниң нөллүк чекити ретидә чәксиз жирақлашқан чекит елиниду. Әмәлий мәсилиләрни йәшкәндә мәйдан чекитлири арисидики потенциаллар айримисиниң алидиған орни зор. Потенциаллар айримисиниң мәнаси нөллүк сәвийәни таллашқа бағлиқ әмәс. Һесаплашларға қолайлиқ, бошлуқниң һәрқандақ чекити, нөллүк сәвийә болалайду. Электротехникида потенциалниң нөллүк сәвийәси ретидә Йәрниң һәрқандақ чекитини пайдилинишқа болиду.

2-тапшурма

Квадратниң чоққиларда орунлашқан модульлири тәң зарядләр пәйда қилған мәйданниң *O* чекитидики потенциалини ениқлаңлар *(165сүрәт)*. Әгәр барлиқ зарядниң бәлгүси иҗабий болса, у чекитниң потенциали қандақ болиду?



165-сүрәт. *Бирнәччә зарядләр үчүн суперпозиция принципи орунлиниду*

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Радиуси R = 20 *см* непиз металл қаплиқ сфериниң ичидә радиуси r = 10 *см*-ға тәң металл шар орунлашқан. Шар сферида төшүк арқилиқ инчикә өткүзгүч арқилиқ Йәр билән қошулған. Ташқи сферида $Q = 10^{-8}$ *Кл* заряд орунлашқан. Мошу сфериниң потенциалини φ ениқлаңлар.

Берилгини:
$R = 20$ *см*
$r = 10$ *см*
$Q = 10^{-8}$ *Кл*
$\varepsilon = 1$

φ – ?

Йешилиши:

Зарядләнгән сфериниң һәммә чекитлиридики потенциали униң бетидики потенциалға тәң: $\varphi_1 = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$.

Йәр билән қошулған ички шарда $\varphi_0 = 0$, у қариму-қарши q зарядкә индукциялиниду. Ички шарниң потенциали q вә Q зарядлири пәйда қилған мәйданларниң потенциаллириниң қошундисиға тәң:

$$\varphi_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{Q}{R} - \frac{q}{r}\right). \qquad (1)$$

$\varphi_0 = 0$ болғанлиқтин, (1) тәңлимидин төвәндики ипадини алимиз:

$$q = \frac{Qr}{R}. \qquad (2)$$

Йоған сфериниң бетидә индукцияләнгән заряд билән қошуп алғанда потенциал мундақ болиду: $\varphi = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{Q}{R} - \dfrac{q}{R}\right) = \dfrac{Q-q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

(2) формулини инавәткә елип, һесаплаш формулисини алимиз:

$$\varphi = \frac{Q(R-r)}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = 225B.$$

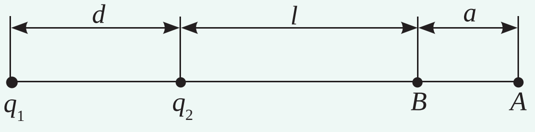
Җавави: $\varphi = 225\ B$.

Тәкшүрүш соаллири

1. Бирхил электр мәйданида зарядниң орун йөткиши вақтида орунланған иш қандақ ениқлиниду? Чекитлик зарядниң мәйданидичу?
2. Қандақ мәйданни потенциаллиқ дәп атайду?
3. Бирхил мәйданға киргүзүлгән зарядниң потенциаллиқ энергияси немигә тәң? Чекитлик заряд мәйданидикичу?
4. Электр мәйданиниң потенциали дәп қандақ миқдарни атайду?
5. Бирнәччә заряд пәйда қилған мәйдан потенциалини қандақ ениқлайду?
6. Мәйдан чекитлирини потенциалини ениқлиғанда нөллүк сәвийә ретидә немә елиниду?

Көнүкмә 31

1. $q_1 = 6{,}6 \cdot 10^{-9}$ *Кл* вә $q_2 = 1{,}32 \cdot 10^{-8}$ *Кл* икки чекитлик заряд бир-биридин $r_1 = 40$ *см* арилиқта орунлашқан. Уларни $r_2 = 25$ *см*-ғичә йеқинлитиш үчүн қандақ иш орунлаш керәк?
2. q_1 вә q_2 икки чекитлик зарядләр мәйданидики q заряд A чекит (*167-сүрәт*).



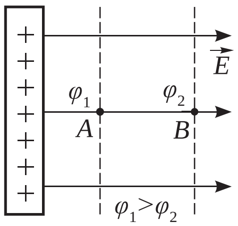
166-сүрәт. *2-һесапқа*

3. Бир-биридин $d = 1$ *см* арилиқта орунлашқан икки вертикал пластина арисида массиси $m = 0{,}1$ *г* зарядләнгән *аюбадам* шар туриду. Пластиниларға $U = 1000$ *В* күчиниш берилгәндин кейин, жип билән шар $\alpha = 10°$ булуңға чәтниди. Шарниң q зарядини ениқлаңлар.
4. Симапниң үч тамчиси $q_1 = 4\ 10^{-12}$ *Кл*, $q_2 = 5 \cdot 10^{-12}$ *Кл* вә $q_3 = 6\ 10^{-12}$ *Кл* зарядләр билән зарядләнгән. Радиуслири $r_1 = 2$ *мм*, $r_2 = 5$ *мм*, $r_3 = 3$ *мм* бир тамчиға бириктүрүлгән. Йоған тамчиниң потенциалини ениқлаңлар.
5. $q_1 = 2 \cdot 10^{-8}$ *Кл* чекитлик зарядни чәксизликтин зарядниң бәтлик зичлиғи $S = 10^{-9}$ *Кл/см*^{2}, радиуси $r = 1$ *см* шар бетидин $d = 1$ *см* арилиқтики чекиткә әкәлгәндә қандақ иш орунлиниду?

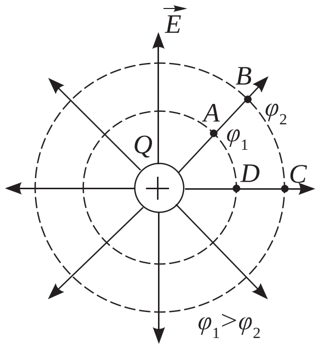
§ 32. Эквипотенциаллиқ бәтләр. Бирхил электр мәйдани үчүн потенциаллар айримиси билән күчинишлик арисидики бағлиниш

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:
- *һесапларни чақарғанда электростатикилиқ мәйданниң күчлүк вә энергетикилиқ характеристилириға бағлинишлиқ формулиларни пайдилиналайсиләр;*
- *гравитациялик вә электростатикилиқ мәйданларниң күчлүк вә энергетикилиқ характеристикилирини селиштуралайсиләр.*



167-сүрәт. *Күчинишлик сизиқлар потенциали көп чекиттин потенциали аз чекиткә қарап йөнилиду*



168-сүрәт. *Q чекитлик заряди пәйда қилған бирхил әмәс мәйданниң күчинишлик сизиқлири вә эквипотенциаллиқ бәтлири*

I. Эквипотенциаллиқ бәтләр

Бирхил электр мәйданиниң күчинишлиги турақлиқ миқдар. § 31 елинған формула бойичә:

$$\varphi = Ed \qquad (1)$$

бәттин бирдәк ариликтики һәммә чекитләрниң потенциали тәң болиду. Улар зарядләнгән пластиниға параллель тәкшиликтә орунлишиду.

һәммә чекитлиридә мәйдан потенциали бирдәк болидиған бәтни эквипотенциаллиқ дәп атайду.

Күчинишлик сизиқлири эквипотенциаллик бәткә перпендикуляр *(167-сүрәт)*.

Бирхил мәйданниң эквипотенциаллиқ бәтлири дәп, күчинишлик сизиқлири тик булуң билән тешип өтидиған тәкшиликләрни атаймиз.

Чекитлик заряд пәйда қилған мәйдан потенциали $\varphi = \dfrac{kQ}{\varepsilon \cdot r}$ тәң, шуңлашқа *чекитлик зарядниң мәйдани үчүн эквипотенциаллиқ бәт сфера болуп тепилиду.* 168-сүрәттә иҗабий Q чекитлик заряд пәйда қилған бирхил әмәс мәйданниң күч сизиқлири вә эквипотенциаллик бәтлири тәсвирләнгән.

Заряд эквипотенциаллиқ бәттә орун йөткигәндә мәйданниң орунлиған иши нөлгә тәң болиду:

$$A = q\,(\varphi_1 - \varphi_2) = q\,(\varphi - \varphi) = 0,$$

сәвәви, эквипотенциаллик бәтниң һәммә чекитлири бирдәк потенциалға егә.

II. Бирхил электр мәйдани үчүн потенциаллар айримиси билән күчинишлик арисидики бағлиниши

Потенциалниң күчинишлиги билән бағлинишини пайдилинип бирхил мәйданниң A вә B *(167-сүрәт)* чекитлири арисидики потенциалллар айримисини:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = Ed_1 - Ed_2 = E\,(d_1 - d_2),$$

бу йәрдә d_1 вә d_2 - электр мәйданиниң A вә B *чекитлиридин башлап, таллап елинған чекитләрниң оң тәрипидә орунлашқан нөллүк потенциал сәвийәсигичә арилиқ.*

1-тапшурма

Күчинишлик векторлири эквипотенциаллиқ бәткә перпендикуляр екәнлигини *(168-сүрәт)* испатлаңлар. Туюқ контур *ABCDA* бойичә иш нөлгә тәң екәнлигини испатлаңлар.

$d_1 - d_2$ айримисини A вә B чекитлириниң арисидики арилиққа d алмаштурайли, у чағда: $\varphi_1 - \varphi_2 = Ed$ яки

$$U = Ed.$$

Мәйдан күчинишлиги билән мәйдан чекитлири киридиған эквипотенциаллиқ бәтләр арисидики ариліқ узарғансери, уларниң арисидики потенциаллар айримиси көп болидиғанлиғи чиқиду.

III. Күчинишлик билән потенциал бағлиниши

Иҗабий зарядләр күч сизиқлириниң йөнилиши бойичә орун йөткигәндә мәйдан иҗабий иш орунлайду. Әкси йөнилиштә һәрикәтләнгәндә мәйдан иши сәлбий болиду. 167 вә 168-сүрәтләрни караштурайли. Бирхил мәйданниң потенциаллиқ чекитлири $\varphi = Ed$ формулиси билән, бирхил әмәснин $\varphi = \dfrac{kQ}{\varepsilon \cdot r}$ формула билән ениқланғанлиқтин, мундақ хуласигә келимиз:

Мәйдан күчинишлиги потенциали көп чекиттин потенциали аз чекиткә қарап йөнәлгән.

IV. Гравитациялик вә электростатикилиқ мәйданларниң күчлүк вә энергетикилиқ характеристикилири

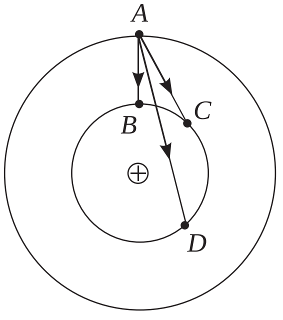
Йәрниң әтрапидики гравитациялик мәйданниң күч сизиқлири билән һәрхил намлиқ зарядләнгән пластинилардин пәйда болған бирхил электр мәйданиниң күчинишлик сизиқлирини селиштурайли *(172-сүрәт)*. Шундақла Йәр радиуси билән селиштурғидәк арилиқтики Йәрниң гравитациялик мәйданиниң күч сизиқлири билән сәлбий чекитлик зарядтин пәйда болған бирхил әмәс мәйданни селиштурайли *(173-сүрәт)*.

Мәйданларниң асасий характеристилирини һесаплаш формулилири билән күч сизиқлирини селиштуруш җәдвәлдә берилгән миқдарларниң охшашлиғини елишқа мүмкинчилик бериду.

Гравитациялик мәйдан яки электр мәйдани потенциаллиқ яки консервативлиқ мәйдан болуп тепилиду. Туюқ контур бойичә консервативлиқ күчләрниң иши нөлгә тәң. Иш җисимниң һәрикәт траекториясигә бағлиқ әмәс, у җисимниң дәсләпки вә ахирқи вақит мәзгилидики һалитигила бағлиқ.

2-тапшурма

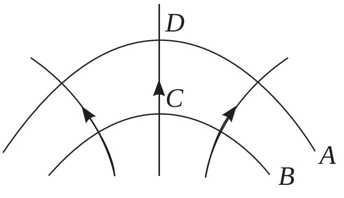
Электр мәйданиниң *q* иҗабий зарядни *A* чекитидин *B*, *C* вә *D* чекитлиригә йөткәш үчүн орунлайдиған ишини селиштуруңлар *(169-сүрәт)*.



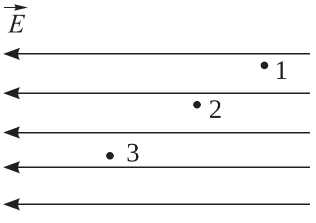
169-сүрәт. *Чекитлик заряд һасил қилған мәйданда зарядниң йөткилиши*

2-тапшурма

1. 170 вә 171-сүрәтләрдин әң көп потенциали бар чекитини көрситиңлар.
2. Қандақ чекитләрдә мәйдан күчинишлиги әң аз болиду?



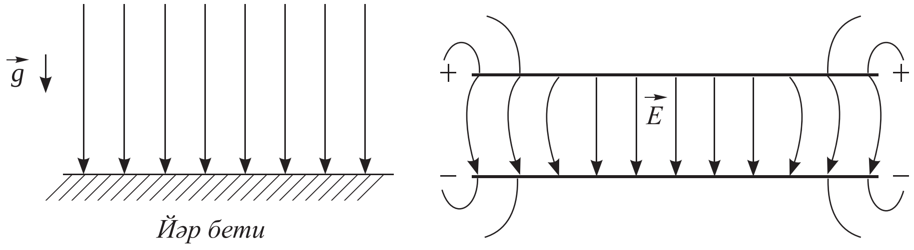
170-сүрәт. *Бирхил әмәс мәйданниң күчлүк сизиқлири билән эквипотенциаллиқ бәтлири*



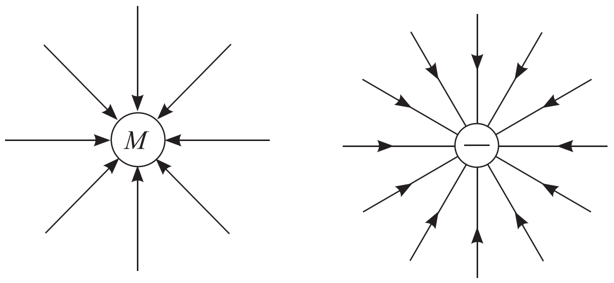
171-сүрәт. *Бирхил мәйданниң күчинишлик сизиқлири*

Консервативлиқ мәйдан күчлириниң иши жисим энергиясиниң потенциаллиқ энергиясиниң азийиши билән ениқлиниду.

Консервативлиқ мәйданлар үчүн энергияниң сақлиниш қануни орунлиниду. Потенциаллиқ энергияниң азийиши һәрикәттики жисимниң кинетикилиқ энергиясиниң өсүшигә әкелиду.



172-сүрәт. *Йәр бетидики гравитациялик мәйданниң вә зарядләнгән һәрхил намлиқ пластинилар арисидики электр мәйданиниң күч сизиқлири*



173-сүрәт. *Йәр радиуси билән селиштурғидәк арилиқтики Йәрниң гравитациялик мәйдани билән сәлбий заряд пәйда қилған бирхил әмәс мәйданниң күч сизиқлири*

12-жәдвәл. *Электр вә гравитациялик мәйданни характерләйдиған миқдарларниң охшашлиғи*

Физикилиқ миқдарлар	Массиси m жисимниң гравитациялик мәйдани	Зарядиниң электр мәйдани
Күчинишлик	g	E
Гравитациялик турақлиқ	G	
Пропорционаллиқ коэффициенти		k
Масса	m	
Заряд		q
Потенциал	gh	φ
Күч	$F = mg$	$F = qE$
Бирхил мәйданниң потенциаллиқ энергияси	$W_p = mgh$	$W_p = qEd$
Бирхил әмәс мәйданниң потенциаллиқ энергияси	$W_p = \frac{GMm}{r}$	$W_p = \frac{kQq}{r}$

Физикилиқ миқдарлар	Массиси m җисимниң гравитациялик мәйдани	Зарядиниң электр мәйдани
Мәйдан иши	$A = -(W_{p2} - W_{p1})$	
Бирхил мәйданниң иши	$A = -mg\left(h_2 - h_1\right)$	$A = -qE\left(d_2 - d_1\right)$
Бирхил әмәс мәйданниң иши	$A = -\left(\frac{GMm}{r_2} - \frac{GMm}{r_1}\right)$	$A = -\left(\frac{kQq}{r_2} - \frac{kQq}{r_1}\right)$

Тәкшүрүш соаллири

1. Эквипотенциаллиқ бәт дегән немә?
2. Эквипотенциаллиқ бәткә нисбәтән кучинишлик вектори қандақ йөнәлгән?
3. Гравитациялик вә электр мәйданиниң характеристикилирини селиштуруңлар.

Көнүкмә 32

1. Бирхил мәйданниң бир кучинишлик сизиқлириниң бойида орунланған икки чекит арисидики кучиниш 2 *кВ*. Чекитләр арисидики арилиқ 4 *см* дәп елип, кучинишликни ениқлаңлар.
2. Икки электрон арисидики кулонлуқ тепилиш күчлири гравитациялик тартилиш күчлиридин нәччә һәссә көп?
3. Кучинишлиги 60 к*В/м* болидиған бирхил электр мәйданида 5 *нКл* заряд 20 *см* орун йөткиди. Орун йөткәш вектори күчлүк сизиқ йөнилиши билән 60° булуң һасил қилиду. Мәйданниң орунлайдиған ишини, заряднин потенциаллиқ энергиясиниң өзгиришини, орун йөткәшниң дәсләпки вә ахирқи чекитлири арисидики кучинишни ениқлаңлар.
4. Үч чекитлик заряд q_1 = 2 *нКл*, q_2 = 3 *нКл* вә q_1 = – 4 *нКл* янлири a = 10 *см* болидиған тәң янлиқ үчбулуңлуқниң чоққилири орунлашқан. Бу системиниң потенциаллиқ энергиясини ениқлаңлар.

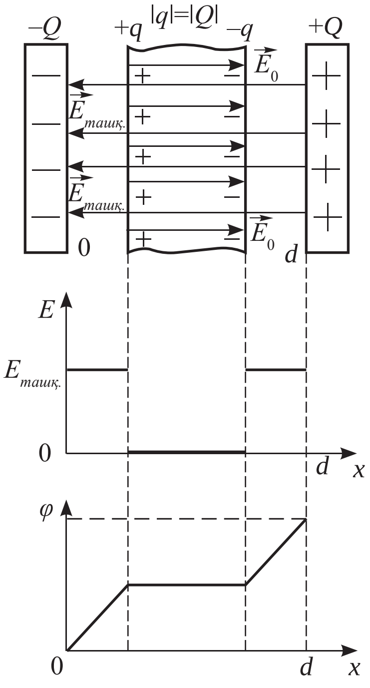
§ 33. Электр мәйданидики өткүзгүчләр вә диэлектриклар

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:
- *өткүзгүчләрдики электростатикилиқ индукция һадисилири билән диэлектрикләрдики полярлинишқа селиштурма анализ ясалайсиләр.*

Әскә чүшириңлар!

Өткүзгүчләр – бу тәркивидә бош заряд тошиғучилири бар мадда.
Диэлектриклар – бу тәркивидә бош зарядләнгән зәррилири болмайдиған мадда.



174-сүрәт. *Бирхил электр мәйданидики өткүзгүч пластина*

I. Бирхил электр мәйданидики өткүзгүч пластина

Бирхил электр мәйданида орунлашқан *(174-сүрәт)* бош электронлар күч сизиқлири бойи билән қозғилиду. Тәсир арқилиқ электрлиниш болиду: өткүзгүч ичидә индукцияләнгән зарядләр пәйда қилған мәйдан һасил болиду. Униң йөнилиши сиртқи мәйданға кариму-карши, шуңлашқа индукцияләнгән заряд мәйданиниң тәсиридин электронларниң һәрикитини астулайду вә индукцияләнгән мәйданниң күчинишлиги сиртқи күчинишликкә йәткәндә толуқ тохтайду. *Суперпозиция принципиниң асасида, өткүзгүч ичидики күчинишлик ташқи вә индукцияләнгән мәйдан күчинишликлириниң қошундисиға тәң:*

$$\vec{E} = \vec{E}_{ташқ.} + \vec{E}_0 .$$

Векторлар йөнилишини инавәткә алсақ: $E = E_{ташқ.} - E_0 = 0$.

Бу өткүзгүч ичидә электр мәйданиниң болмайдиғанлиғини билдүриду. Шуңлашқа сиртқи мәйдан пәйда қилған пластинидики зарядләрниң σ бәтлик зичлиқлири өткүзгүч бетидә пәқәт бир мәнаға егә болиду, бәттики зарядләр модули бойичә: $|Q| = |q|$.

II. Өткүзгүч ичидә вә униң бетидики чекитләр потенциали

Өткүзгүч бети эквипотенциаллиқ болиду, сәвәви, күчинишлик векторлири һәрқачан өткүзгүч бетигә перпендикуляр. Бирхил мәйдан үчүн өткүзгүч бетиниң потенциалини төвәндики формула бойичә ениқлайли:

$$\varphi = Ed,$$

бу йәрдә d – бәтниң әркин таллап алған сәвийәсидин болған арилиқ, мәсилән иҗабий зарядләнгән пластина билән өткүзгүч бәтниң арисидики арилиқ. Өткүзгүчниң әркин таллап елинған икки чекитлири үчүн кәлгүси нисбәт орунлиниду: $\Delta\varphi = E\Delta d$, $\varphi_1 - \varphi_2 = E(d_1 - d_2)$.

Өткүзгүч ичидә $E = 0$, у чағда $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$, шуңлашқа: $\varphi_1 = \varphi_2$.

Өткүзгүчниң һәммә чекитлириниң потенциаллириниң мәналири бирдәк болиду. 174-сүрәттә ичидә өткүзгүч орунлашқан бирхил электр мәйданиниң чекитлириниң координатисидин күчинишлик билән потенциалниң тарилишиниң бағлиниш графиги берилгән. Нөллүк сәвийә ретидә сәлбий зарядләнгән пластина таллап елинған.

Жавави қандақ?

1. *Металларда электр зарядини қандақ зәрриләр тошуйду?*
2. *Металлниң әркин зәррилири сиртқи электр мәйданиниң тәсиридин қандақ йөнилиштә һәрикәтлиниду?*

III. Электр мәйданидики өткүзгүчләр

Һәрқандақ өткүзгүчләрниң бети эквипотенциаллиқ болиду.

Күчлүк сизиқлар эквипотенциаллиқ бәткә перпендикуляр. (176-сүрәт), улар бәтниң учлук бөлигиниң әтрапида қоюқлишиду. Бу униң учида заряд зичлиғиниң көпәрәк екәнлигини билдүриду. Өткүзгүчниң бу бөлигидә зарядләрниң «еқиши» мүмкин. Өткүзгүчтә зарядни сақлап келиш үчүн униң бетини тәкшиләш һаҗәт.

IV. Диэлектрикларниң поляризацияләш механизми

Диэлектриклар рәтсиз атомлардин яки молекулилардин туриду. Маддиниң тәркивигә бағлиқ уларни полярлиқ вә полярлиқ әмәс диэлектриклар дәп бөлиду.

Молекулидики иҗабий вә сәлбий зарядләрниң орунлишиш мәркәзлири бир-биригә нисбәтән силҗийдиған болса, у чағда уни полярлиқ дәп атайду.

Бу молекулилар дипольни бериду *(177-сүрәт).*

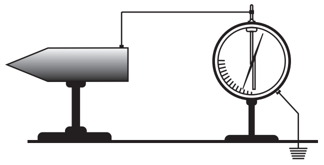
Диполь – бу өзиниң шәхсий мәйданини түзидиған, бир-биригә нисбәтән силҗиған бағлиништики зарядләр системиси.

Электр мәйданида диэлектриклар поляризациялиниду.

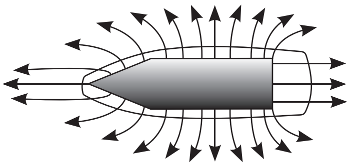
Электр мәйданида орунлашқан диэлектрикта зарядләрниң силҗиш җәриянини поляризациялиниш, диэлектрикниң өзини болса поляризацияләнгән дәп атайду.

Өз тәҗрибәңлар

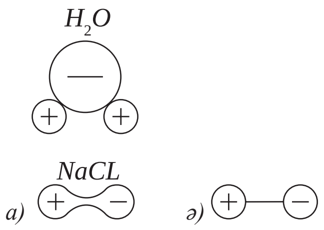
Учи өткүрләнгән өткүзгүч цилиндирни зарядләңлар *(175-сүрәт)*. Электрометрниң ярдими билән бәтниң йәргә нисбәтән һәммә чекитлириниң потенциаллириниң өткүзгүч бети билән электрометрниң қозғилидиған контактини йөткәп туруп ениқлаңлар.



175-сүрәт. *Цилиндрлиқ өткүзгүч бетиниң чекитләр потенциалини ениқлаңлар*



176-сүрәт. *Күчиништик сизиқлар өткүзгүч бетигә перпендикуляр*



177-сүрәт. *а) диэлектрикларниң молекулилири: полярлиқ суниң, ериған тузниң ; ә) сүрәттә диполни тәсвирләш*

Жавави қандақ?

Немишкә күчиништик векторлири өткүзгүч бетигә һәрқачан перпендикуляр йөнәлгән?

Полярлиқ вә полярлиқ әмәс диэлектрикларниң поляризациялиниш җәриянлириниң пәриқлири бар.

1) *Полярлиқ молекулилиридин тәркип тапқан диэлектрикларниң поляризациялинишии.*

Адәттә, иссиқлиқ һәрикәтләр нәтиҗисидә маддидики молекулилар әркин бәт елишта болиду, мундақ диэлектрикниң әтрапида мәйдан болмайду *(178, а-сүрәт)*. Әгәр диэлектрикни сиртқи мәйданға киргүзсәк, у чағда һәр дипольға җүп күч тәсир қилиду, уларниң тәсиридин молекулилар бурулиду, диполь оқлири сиртқи мәйданниң күч сизиқлириниң бойиға орунлишиду *(178, ә, б-сүрәт)*, диэлектрик поляризациялиниду. Молекулиларниң өзлүк мәйданлири сиртқи мәйдан билән суперпозициялинишиниң нәтиҗисидә, диэлектрик ичидики мәйдан күчинишлиги азийиду. Диэлектрикниң һәрқандақ бөлигидики йәкүнлүк заряд нөлгә тәң болиду. Бу чағда диэлектрикниң бир бетидә сәлбий зарядләр көпәйсә, иккинчи бетидә иҗабий зарядләр көпийиду.

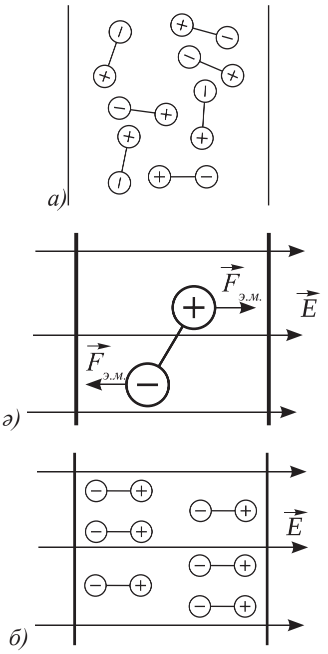
2) *Полярлиқ әмәс диэлектрикларниң поляризациялинишии.*

Полярлиқ әмәс диэлектриклар атомлардин тәркип тапқан. Атомдики сәлбий зарядләрниң орунлишиш мәркизини, ядро әтрапидики электронлар чапсан айланғанлиқтин, электронлуқ булут мәркизи дәп санашқа болиду. Шуниң үчүн, сәлбий зарядләрниң орунлишиш мәркизи ядрониң иҗабий зарядиниң мәркизи билән мас келиду *(179 а-сүрәт)*. Сиртқи мәйдан тәсиридин электронлуқ қәвәт күчинишлик сизиқлириниң бойи билән тартилиду. Иҗабий вә сәлбий зарядләрниң мәйданлири бир-биригә нисбәтән силҗийду, диполь түзүлиду, униң мәйдани $\vec{E}_0$ сиртқи мәйданни $\vec{E}_{сырт}$ мағдирсизлайду *(179, ә-сүрәт)*.

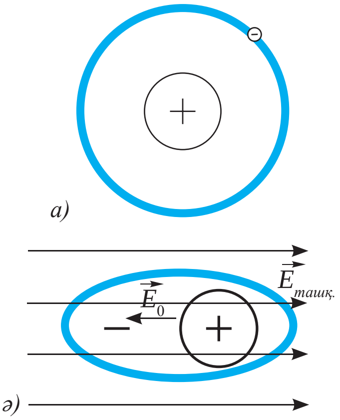
Қараштурулватқана һаләттә поляризацияләнгән диэлектриклар бетидә кариму-карши бәлгүдики зарядләр пәйда болиду. Улар диэлектриклар бойичә өткүзгүчтики электронлар охшаш әркин орун йөткәлмәйду, шуңлашқа уларни *бағлинишқан зарядләр* дәп атайду.

V. Бирхил электр мәйданидики диэлектриклар

Полярлаш нәтиҗисидә диэлектрик ичидики мәйдан күчинишлиги азийиду 0. Мәйданларниң суперпозиция принципиниң асасида: $\vec{E} = \vec{E}_{ташқ.} + \vec{E}_0$ яки $E = E_{ташқ.} - E_0$.



178-сүрәт. *Полярлиқ әмәс диэлектрикларни поляризациялаш*



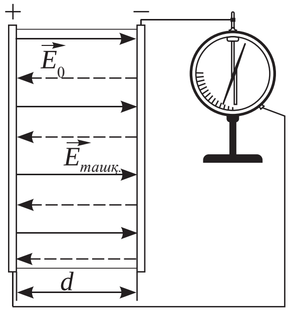
179-сүрәт. *Полярлиқ әмәс диэлектрикларни поляризациялаш*

Җавави қандақ?

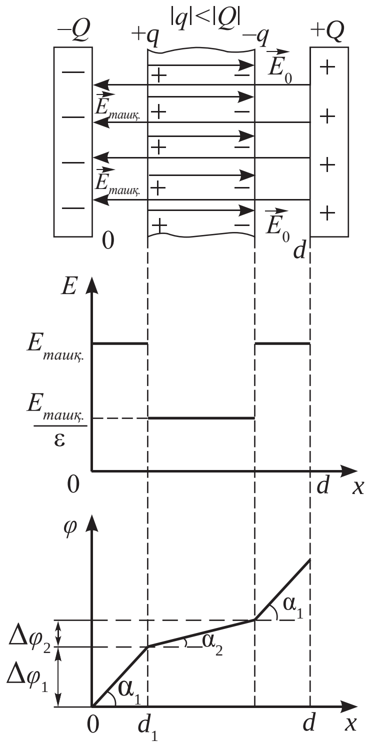
Өткүзгүч бетиниң потенциалини өлчәш вақтида немишкә электрометр корпусини йәр билән қошуш һаҗәт?

Өз тәҗрибәңлар

1. Бошлуқтики икки зарядләнгән металл пластинилар арисиға новәт билән һәр түрлүк диэлектрикларни киргүзүңлар (180-сүрәт).
2. Улар электрометрниң көрсәткүчи бойичә мәйданға қандақ тәсир қилидиғанлиғини байқаңлар.
3. 12-жәдвәл бойичә диэлектрикларниң диэлектриклиқ өткүрлүгини селиштуруңлар, хуласиләңлар.



180-сүрәт. *Электр мәйданида диэлектрик тәсирини тәтқиқ қилиш*



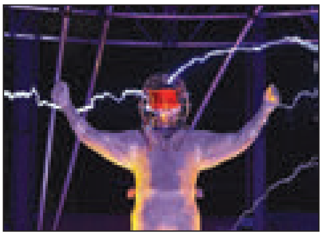
181-сүрәт. *Бирхил электр мәйданидики диэлектрик*

Муһитниң диэлектриклиқ өткүрлүгиниң мәналири бәлгүлүк болса, диэлектрик ичидики мәйдан күчинишлиги:

$$E = \frac{E_{ташқ.}}{\varepsilon}$$

181-сүрәттә мәйдан күчинишлигиниң икки зарядләнгән чәксиз пластиниларниң арисидики бошлуқ чекитлириниң коорлинатилириға бағлинишлиқ графиги берилгән. Бирхил мәйдандики чекит потенциали күчинишлик билән келәси формула бойичә бағлинишқан $\varphi = Ed$. *(181 б-сүрәт)* графигида φ ниң *d*-ға бағлиқлиғи 0*x* оқиға янту булуң ясайдиған түз болиду, янтулуқ булуңиниң тангенси мәйдан күчинишлигигә тәң:

$$tg\alpha_1 = \frac{\Delta\varphi_1}{d_1} = E_{ташқ.},\ tg\alpha_2 = \frac{\Delta\varphi_2}{d_2} = \frac{E_{ташқ.}}{\varepsilon}.$$



182-сүрәт. *Иллюзионист Д.Блейн, 106 В күчинишиниң тәсиридә*

Бу қизиқ!

Электростатикилиқ қоғдиниш

Фардей дәсләп металлар торлар билән корпусларни электростатикилиқ қоғдиниш ретидә пайдилинишни тәклип қилди. Өткүзгүчләрниң хусусийәтлирини тәтқиқ қилиш тәҗрибиси вақтида у тешида күчинишлиги жуқури мәйдан болидиған фольга йепилған кубқа кирди. Электроскопник ярдими билән куб ичидә зарядни тепиш һәрикити нәтиҗә бәрмиди. Электростатикилиқ қоғдиниш электротехникида кәң пайдилинилиду, Сиртқи мәйданларға сәзгүр әсвапларниң һәммисидә металл корпус бар.

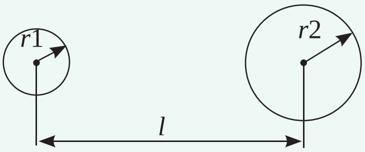
Иллюзионислар бу хусусийитини аттракционларда пайдилинилиду *(182-сүрәт)*.

Тәкшүрүш соаллири

1. Электр мәйданиға киргүзүлгән өткүзгүчниң ичидә мәйдан күчинишлиги немишгә нөлгә тәң болиду?
2. Өткүзгүчләрниң бети немишкә эквипотенциаллиқ бәтләр болиду?
3. Электр мәйданиға сәзгүр әсвапларға қандақ электростатиклиқ қоғдиниш ясайду?
4. Өткүзгүчләр вә диэлектриклар арисидики асасий пәриқни көрситиңлар.
5. Полярләнгән диэлектрикниң полярләнмигән диэлектриктин пәрқи қандақ?
6. Қандақ диэлектрикни полярланған дәп атайду? Полярланған диэлектрикниң бетидики зарядләрни немишкә бағлинишқан дәйду?
7. Сиртқи мәйданға киргүзүлгән электр мәйдани немишкә диэлектрик ичидә азийиду, өткүзгүчтә толуқ йоқилиду?

Көнүкмә 33

1. Бир-биридин жирақ әмәс арилиқта орунлашқан икки параллель металл пластинининң биригә $q = 4$ *нКл* заряд берилди. Иккинчи пластинининң һәрбир тәрипигә қандақ зарядләр индукциялиниду? Пластина ичидики мәйдан күчинишлиги қандақ?
2. Мәркәзлири l арилиқта орунлашқан икки шарни инчикә сим билән қошқандин кейин, уларниң өз ара тәсирлишиш күчиниң өзгиришини ениқлаңлар *(184-сүрәт)*. Шарларниң зарядлири q_1 вә $q_2 = 2q_1$, шарларниң радиуси r_1 вә $r_2 = 2r_1$.
3. Керосиндики бир-биридин $R = 10$ *см* арилиқтики икки чекитлик заряд $q_1 = 6{,}6$ *мкКл* вә $q_2 = 1{,}2$ *мкКл* қандақ күч билән тәсирлишиду? Өз ара тәсирлишиши күчи бурунқидәк келиш үчүн уларни вакуумда қандақ арилиқта орунлаштуруш һаҗәт



183-сүрәт. *2-һесапқа*

4. Зарядләнгән шарни майға патурди. Патурулғичә $R = 40$ *см* арилиқта болған шарниң патурулғандин кейин күчинишлиги өз бойичә келиш үчүн у майниң ичидә қандақ арлиқта орунлишиши керәк?
5. Бир-биридин жирақ әмәс арилиқта горизонтал икки йоған пластинилар орунлашқан. Төвәнки өткүзмәйдиған пластинида заряди $q = 20$ *мкКл* кичик шар орунлашқан. Әгәр пластинилар арисидики бошлуқни зичлиғи $\rho = 800$ *кг/м*^{3}, диэлектриклиқ өткүрлүги $\varepsilon = 2$ суюқлук билән толтурсақ, шарниң салмиғи қанчигә өзгириду? Шарниң һәҗими $V = 1$ *см*^{3}, жуқарқи иҗабий зарядләнгән пластинидин пәйда болған электр мәйданиниң күчинишлиги $E = 100$ *В/м*.

Иҗадий тапшурма

Бизниң сәйяримиз пәйда қилған электр мәйданиниң асасий характеристикилирини тәтқиқ қилиңлар. Қисқичә доклад тәйярлаңлар.

§ 34. Электр сиғдурушлуқ. Конденсаторлар. Конденсаторларни қошуш

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

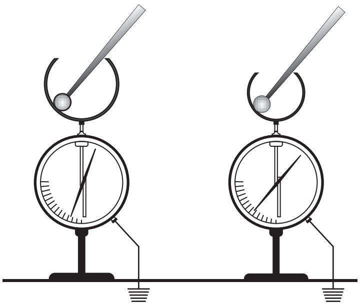
- *конденсатор сиғдурушлуғиниң униң параметрлириға бағлинишлиғини тәтқиқ қилалайсиләр;*
- *һесаплар чиқиришта конденсаторларни параллель вә пәйдин-пәй қошушниң формулилирини пайдилиналайсиләр;*

I. Туюқланған өткүзгүчләрдики электр сиғдурушлуқ

Бош электронларниң һәрикәтләнгүчлигигә бағлинишлиқ өткүзгүчләрни зарядләрни жиққучи ретидә қоллинилиду. Улар тәсирләр арқилиқ чапсан электрлиниду яки электрләнгән җисим билән бағлиништа болғанда артуқ заряд жиғип алиду. Тәҗрибилк йол билән туюқланған өткүзгүч билән униңға берилгән заряд арисида тоғра порпорционал бағлиниш бар екәнлиги ениқланди. Синақ зарядни сфериниң ички бетигә бирнәччә қетим тәккүзүп, q зарядини сфериға беримиз. Һәрбир тәккүзүштин кейин электрометр тилчиси турақлиқ бир мәнаға чәтнәйду *(184, а-сүрәт)*. Демәк, шар потенциали вә зарядиниң арисида тоғра пропорционал бағлиниш бар:

$$q = C\varphi,$$

бу йәрдә C – пропорционаллиқ коэффициент.



а) ә)

184-сүрәт. *Радиуси йоған сфериниң электр сиғдурушлиғи көп болиду*

Мәйдан потенциали өткүзгүчниң өлчәмлиригә бағлинишлиқму? Буни ениқлайли. Буниң үчүн тәҗрибини радиуси кичик сфера билән тәкрарлаймиз. Берилгән заряднiң дәл шундақ мәнасида электрометрниң тилчиси чоң булуңға чәтнәйду *(184, ә-сүрәт)*. Демәк, радиуси кичик сфериниң потенциали жуқури $\varphi_2 > \varphi_1$. Тәҗрибә көрсәткәндәк, C коэффициенти өткүзгүч сфериларниң характеристикиси болуп санилиду, уни *электр сиғдурушлуқ* дәп атайду.

Изоляцияләнгән өткүзгүчниң электрсиғдурушлуғи – өткүзгүч зарядиниң униң потенциалиниң нисбитигә тәң физикилиқ миқдар

$$C = \frac{q}{\varphi}. \qquad (1)$$

Өткүзгүч сфериниң потенциалини һесаплашниң (1) формулисиға $\varphi = \dfrac{kq}{\varepsilon \cdot r}$ қоюп, алидиғинимиз:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot r}{k} \qquad (2)$$

яки

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon r. \qquad (3)$$

Изоляцияләнгән сфериниң радиуси йоған болғансери, униң электрсиғдурушлуғи жуқури болиду. Елинған хуласиләр шар үчүнму тоғра, сәвәви

Әскә чүшириңлар!

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

Җавави қандақ?

Шарниң сиғдурушлуғи немишкә сфериниң сиғдурушлуғи охшаш: $C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon r$?

өткүзгүчләр ичидә бош зарядләр йоқ, электр мәйдан болмайду.

Электр сиғдурушлиғининң өлчәм бирлиги ретидә фарад қобул қилинған. У М.Фарадейниң һөрмитигә аталған:

Фарад – заряд 1 кулонға өзгәргән чағда потенциали 1 вольтқа өсидиған өткүзгүчниң сиғдурушлуғи:

$$C = 1Ф = \frac{1Кл}{1В}.$$

Тәҗрибидә сиғдурушлуқниң өлчәм бирлиги ретидә үлүшлүк қошумчилар қоллинилиду:
1 *мкФ* = 10^{-6} *Ф*, 1 *пФ* = 10^{-12} *Ф*, 1 *нФ* = 10^{-9} *Ф*.

II. Конденсатор

Алиқинимизни зарядләнгән сфериға йеқинлатсақ *(184-сүрәт)*, электрометрниң көрсәткүчи азийиду, демәк, сфериниң потенциали азийиду. Сфера потенциали униң мәйданиға һәрқандақ өткүзгүч киргүзсәк азийиду. Ойчә сферини йәр билән қошулған радиуси йоған сферниң ичигә орунлайштурайла *(185-сүрәт)*. Ташқи сфериниң бетидә индукцияләнгән заряд пәйда болиду. Потенциали нөлгә тәң ташқи сфериға нисбәтән ички сфериниң потенциали төвәндикидәк:

$$\Delta\varphi = \frac{kq}{\varepsilon r_1} - \frac{kq}{\varepsilon r_2} = \frac{kq}{\varepsilon}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = \frac{kq(r_2 - r_1)}{\varepsilon r_1 r_2} \qquad (4)$$

Потенциалниң азийиши икки өткүзгүчниң сиғдурушлуғи изоляцияләнгән өткүзгүчниң сиғдурушлуғидин көп екәнлигини көрситиду.

(4) ипадини (1) ипадигә қойимиз, икки концетрлик өткүзгүч сферилар үчүн сиғдурушлуқлирини һесаплаш формулисини алимиз:

$$C = \frac{\varepsilon r_1 r_2}{k(r_2 - r_1)} \qquad (5)$$

яки

$$C = \frac{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon r_1 r_2}{r_2 - r_1}. \qquad (6)$$

Сфера радиуслири йоған вә уларниң арисидики арилиқ кичик болғансери, уларниң сиғдурушлуғи өсиду. Диэлектрик билән бөлүнгән икки өткүзгүч сфера сферилиқ конденсатор болуп тепилиду.

Бу қизиқ!
Йәр сферилиқ конденсатор болуп тепилиду, униң й сфериси ионосфера, диэлектриги – һава болиду

Бу қизиқ!
Сиғдурушлиғи 1 *Ф* болидиған шарниң радиуси 9 *млн км*-ға тәң:

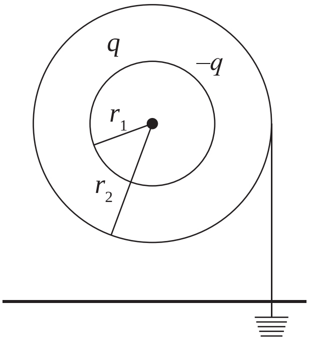
$$r = Ck = 1Ф \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2} =$$
$$= 9 \cdot 10^9 м.$$

Мундақ шарниң радиуси Йәрниң радиусидин 1400 һәссә артуқ:

$$\frac{r}{R_й} = \frac{9 \cdot 10^9 м}{6,4 \cdot 10^6 м} \approx 1400.$$

Бизниң планетимизниң атмосферисиз сиғдурушлуғи 0,71 *мФ*:

$$C_й = \frac{6,4 \cdot 10^6 м}{9 \cdot 10^9 \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2}} =$$
$$= 0,71 \cdot 10^{-3} Ф = 0,71\ мФ.$$



185-сүрәт. *Йәр билән қошулған сфериниң потенциали нөлгә тәң*

13-җәдвәл. *Конденсаторларда пайдилинидиған материалларниң диэлектриклиқ өткүрлүги*

Мадда	ε
Һава	1. 0005
Қәғәз	2,5 тин 3,5 ғичә
Әйнәк	3 тин 10 ғичә
Слюда	5 тин 7 ғичә
Металл оксидлириниң порошоклири	6 дин 20 ғичә

Икки япилақ параллель пластинидин туридиған, диэлектрик билән бөлүнгән япилақ конденсатор кәң қоллинишқа егә. Конденсатор пластинилирини орамлар (обкладка) дәп атайду.

Конденсатор – заряд билән электр мәйданиниң энергиясини жиғидиған қурулма. У қелинлиғи орамлириниң өлчәмлири билән селиштурғанда аз болидиған диэлектрик билән бөлүнгән икки пластинидин туриду.

Пластинилар арисидики бирхил мәйдан күчинишлиги:

$$E = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S}$$

Конденсатор пластинилири арисидики потенциаллар айримиси яки бир орамниң потенциали иккинчисигә нисбәтән мундақ болиду:

$$\Delta\varphi = Ed = \frac{qd}{\varepsilon\varepsilon_0 S}. \qquad (7)$$

(7) ипадини (1) ипадигә қоюп, япилақ конденсаторниң сиғдуршлиғини алимиз:

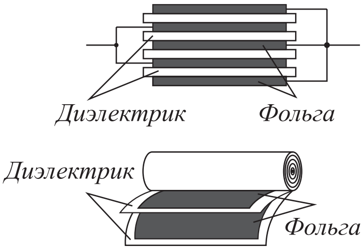
$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}. \qquad (8)$$

(8) формулидин конденсаторниң сиғдуршлиғини ашуруш үчүн обмоткилар мәйданини көпәйтип вә уларниң арисидики арилиқни азайтип, диэлектрикни киргүзүш һаҗәт екәнлигини көрүмиз.

III. Конденсатор түрлири

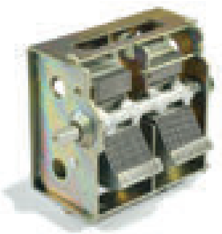
Сиғдурушлуғи турақлиқ вә өзгәрмә болидиған конденсторлар бар. Сиғдуршлиғи турақлиқ конденсаторлар бир бирдин диэлектрик билән жирақлаштурулған икки яки бирнәччә пластинидин туриду *(186-сүрәт)*. Пластина ретидә фольга, диэлектр ретидә болса қәғәз, слюда, лакни елишқа болиду. Пайдилинилған материлланиң түригә бағлиқ қәғәз, слюдалиқ, электролизлик конденсаторлар дәп бөлүниду *(187-сүрәт)*.

Сиғдуршлиғи өзгәрмә конденсаторлар оқ билән қошулған пластиниларниң икки топидин тәркип тапиду *(188-сүрәт)*. Оқ айланған чағда пластиниларниң арилиқлири вә улар өз ичигә алидиған мәйдан өзгириду. Мундақ түзүлүшниң ярдими билән конденсаторниң сиғдурушлуғини бир қелиплиқ өзгәртишкә болиду.

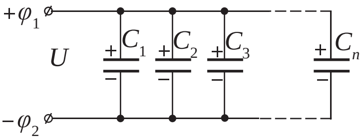


186-сүрәт. *Япилақ конденсатор*

187-сүрәт. *Метал қәғәзлик вә алюминийдин ясалған электролитлиқ конденсаторлар*



188-сүрәт. *Өзгәрмә сиғдуришлиғи бар конденсатор*



189-сүрәт. *Конденсаторларни параллель қошуш*

IV. Конденсаторларни параллель қошуш

Сиғдуршулуқниң һәрхил мәналирини елиш үчүн конденсаторларниң һәрхил қошушлирини пайдилини. Параллель қошулғанда һәммә конденсаторлар потенциаллларниң айримисиғичә зарядлиниду *(189-сүрәт)*.

$$U = \varphi_1 - \varphi_2.$$

демәк, $U = U_1 = U_2 = \ldots = U_n$ (9)

Әгәр конденсаторларниң сиғдурушлуқлирида айримичилиқ болса, у чағда уларниң һәрбиридә мәналири бойичә һәртүрүк зарядләр жиғилиду:

$$q_1 = C_1U,\ q_2 = C_2U,\ \ldots,\ q_n = C_nU \qquad (10)$$

Умумий заряд һәрбир конденсатордики заярдалрниң қошундиси билән ениқлиниду:

$$q = q_1 + q_2 + \ldots + q_n = \sum_{i=1}^{n} q_i\ . \qquad (11)$$

(10) ипадини (11) ипадигә қойимиз вә (9) формулни инавәткә елип, мундақ формула алимиз:

$$C = C_1 + C_2 + \ldots + C_n.$$

Параллель қошулған конденсаторларниң сиғдурушлуғи айрим айрим конденсаторларниң сиғдурушлуқлириниң қошундисиға тәң.

Бу йәрдә n – конденсаторлар сани.

(9) вә (10) индиләрдин мундақ тәңлимә чиқиду:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

Конденсатор сиғдурушлуғи өсүп, күчинишниң мәнаси өзгәрмисә, заряд көпәрәк жиғилиду.

V. Конденсаторларни пәйдин-пәй қошуш

Конденсаторларниң пәдин пәй қошушни қараштурайли *(190-сүрәт)*. Биринчи конденсаторниң орамлирдин заряд берәйли. У чағда келәси орамда мәналири бирдәк, бирақ алдинқи пластиниға нисбәтән йөнилиши қариму-қарши заряд индукциялиниду. Һәмә пластинидики зарядләрниң қошундиси бир конденсаторниң ичидики зарядкә тәң, демәк:

$$q = q_1 = q_2 = \ldots = q_n. \qquad (12)$$

Һәрбир конденсатордики күчиниш униң сиғдурушлуғи билән:

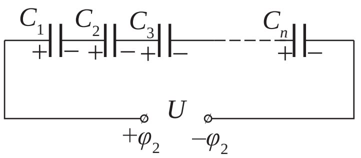
$$U_1 = \frac{q}{C_1};\ U_2 = \frac{q}{C_2};\ \ldots\ U_n = \frac{q}{C_n}. \qquad (13)$$

Һәммә конденсаторларниң умумий күчиниши уларниң һәрбиридики күчинишләрниң қошундисиға тәң.

$$U = U_1 + U_2 + \ldots + U_n. \qquad (14)$$

Әстә сақлаңлар!

Сиғдурушлиқлири тәң болған һаләттә параллель қошулған конденсаторларниң умумий сиғдурушлуғи $C = nC_1$.



190-сүрәт. *Конденсаторларни пәйдин-пәй қошуш*

Әстә сақлаңлар!

Сиғдурушлуғи һәрхил икки конденсатор үчүн (15) формулидин алимиз:

$$C = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}$$

Сиғдурушлуғи тәң болса:

$$C = \frac{C_1}{n},$$

бу йәрдә n – конденсаторлар сани.

Жавави қандақ?

1. *Конденсаторларниң параллель қошулғанда немишкә уларниң умумий сиғдурушлуғи артиду, пәйдин-пәй қошулғанда азийиду?*
2. *Немишкә сферилиқ конденсаторларға қариғанда япилақ конденсаторлар кәң қоллинилиду?*
3. *Немишкә пәйдин-пәй қошулған конденсаторларниң һәммә орамлирида мәнаси бойичә бирдәк заряд жиғилиду*

(13) формулини (14) формулиға қоюп, вә конденсаторлардики зарядләрниң (12) тәңлимисини инавәткә елип, мундақ формулини алимиз:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_n}. \qquad (15)$$

Параллель қошуш вақтида конденсаторалрниң умумий сиғдурушлуғиниң әкси миқдари айрим айрим конденсаторларниң сиғдурушлуқлиқлириниң әкси миқдарлириниң қошундисиға тәң.

(12) вә (13) ипадидин:

$$C_1U_1 = C_2U_2 \text{ яки } \frac{C_1}{C_2} = \frac{U_2}{U_1}.$$

Зарядниң мәнаси өзгиришсиз болғанда конденсаторларниң сиғдурушлуғи йоған болғансери униңдики күчиниш шунчилик азийиду.

Тәкшүрүш соаллири

1. Электр сиғдурушлуқ дегинимиз немә? Униң өлчәм бирлиги?
2. Зарядләрниң жиғиш үчүн қандақ қурулма пайдилинилиду? У немидин туриду?
3. Конденсаторларниң қандақ түрлирини билисиләр?
4. Өткүзгүчләрниң пәйдин-пәй вә параллель қошушниң асасий қанунийәтликлирини көрситиңлар.

Көнүкмә 34

1. Икки пластинидин туридиған конденсаторланниң электрсиғдурушлуғи 5 *пФ*. Әгәр униң орамлири арисидики потенциаллар айримиси 1000 *В* болса, униң һәрбир оримида қандақ заряд бар?
2. Пластина өлчәмлири 25×25 *см* вә уларниң арисидики арилиқ 0,5 *мм* болидиған япилақ конденсатор күчиниш мәнбәсидин потенциаллар айримиси 10 *В* болидиғандәк зарядлинип, шуниңдин кейин ажритилди. Әгәр конденсаторниң пластинилири 5 *мм* ариликқа жирақлатсақ, униң потенциаллар айримиси қандақ болиду?
3. Үч түрлүк конденсатор бар. Уларниң биринин электрсиғдурушлуғи 2 *мкФ*. Һәммә конденсаторлар пәйдин-пәй қошулғанда чағда умумий электр сиғдурушлук 1 *мкФ*. Конденсаторлар параллель қошулғанда, уларни тизмисиниң электрсиғдурушлуғи 11 *мкФ* болди. Икки бәлгүсиз конденсаторниң электрсиғдурушлуғини ениқлаңлар.
4. Электр сиғдурушлуқлири 1 *мкФ* вә 3 *мкФ* болидиған зарядләнмигән пәйдин-пәй қошулған икки конденсатордин туридиған электр тизмиси турақлик 220 *В* күчиниш мәнбәсигә қошулған. Һәрбир конденсаторни мәнбәгә қошупла күчинишни ениқлаңлар
5. Электрсиғдурушлуғи 4 *мкФ* болидиған конденсатор 10 *В* күчинишкичә зарядләнгән. Униң электр сиғдурушлиғи 6 *мкФ*, 20 *В* күчинишкичә зарядләнгән башқа конденсаторни қошсақ, биринчи конденсаторниң орамлиридики заряд қандақ болиду? Һәрхил намлиқ зарядилири бар орамлар қошулған.

§ 35. Электр мәйданиниң энергияси

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *электр мәйданиниң энергиясини һесап-лашни үгинисиләр.*

Әстә сақлаңлар!

Конденсаторниң электр мәйданиниң энергияси деформацияләнгән пружининиң потенциаллиқ энергиясигә охшаш:

$$W = \frac{kx^2}{2} = \frac{F^2}{2k} = \frac{Fx}{2}$$

1-тапшурма

Электр энергиясиниң формулисини деформацияләнгән пружининиң потенциаллиқ энергиясини һесаплайдиған формула билән селиштуруңлар. Миқдарларниң охшашлиғини көрситиңлар.

Җавави қандақ?

Немишкә конденсаторниң энергияси конденсаторниң орамлири арисидики бошлуқ билән изоляцияләнгән? Бу соаллар җавап бериш үчүн электр мәйданиниң зичлиғини һесаплаш формулисини пайдилиниңлар

Зарядләнгән конденсатор уни зарядләш вақтида орунланған ишқа тәң потенциаллиқ энергия запасиға егә. Зарядләш үчүн орунланған ишни, пластиниларни нөллүк ариликтин d *ариликқа жирақлитиш үчүн орунланған иш ретидә қараштуришқа болиду. Заряди* q *пластининиң күчинишлиги* E_1 икки пластина арисидики күчинишликниң йеримиға тәң $E_1 = \frac{E}{2}$ иккинчи пластина мәйданидики һәрикитини караштурайли. Пластиниларниң орун йөткәш күчи $F = qE_1 = \frac{qE}{2}$,

орунланған иш: $A = Fd = \frac{qEd}{2}$.

$U = Ed$ екәнлигини инавәтк алсақ: $A = \frac{qU}{2}$

Кондарсатор орамлири арисидики мәйдан энергияси мундақ болиду:

$$W = \frac{qU}{2} \qquad (1)$$

Заряд билән күчинишлик арисидики бағлинишни $q = CU$ *пайдилинип, мәйдан энергиясини мундақ болиду*:

$$W = \frac{CU^2}{2} \ (2) \text{ вә } W = \frac{q^2}{2C}. \qquad (3)$$

Конденсатор ток мәнбәсигә қошулған чағда (2) формула қоллинилиду, орамлиридики күчиниш өзгәрмәйду. (3) формула конденсатор ток мәнбәсигә қошулмиған чағда пайдиланған дурус, униң заряди турақлиқ болиду.

II. Энергия зичлиғи

Мәйдандин һасил болған энергия зичлиғи мундақ болиду:

$$\omega = \frac{W}{V}. \qquad (4$$

Энергия мәйданиниң зичлиғи билән күчинишлиги арисидики бағлинишни ениқлайли:

$$\omega = \frac{CU^2}{2V} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 SE^2d^2}{d \cdot 2V}$$

$Sd = V$ екәнлигини инавәткә елип, келәси ипадини алимиз:

$$\omega = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}. \qquad (5)$$

Энергия зичлиғи күчинишлик квадратиға тоғра пропорционал.

III. Конденсатор энергиясиниң сиғдурушлуқ билән күчинишкә бағлинишлиқлиғини тәҗрибә йүзидә тәтқиқ қилиш

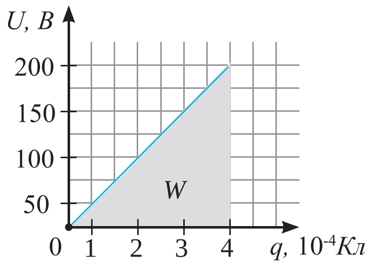
Тәҗрибә өткүзүш үчүн, пробирка вә диаметри кичик нәйчә билән қолдин ясалған газлиқ термомемтр ясаш керак. Пробиркиниң пробкисида боялған су тамчиси бар нәйчигә вә проволкиниң икки учи үчүн тошук тешимиз. Пробиркиниң ичигә металл спираль селип, икки учини пробиркиниң пробкисиниң төшүгидин чиқириш керәк. Пробиркини пробка билән һим қилип япимиз.Спиральға икки полюслуқ ачқуч арқилиқ конденсаторни қошимиз. Конденсаторни зарядляш үчүн конденсаторға ачқучниң иккинчи полюсиға қошулған турақлиқ ток мәнбәсини коллинишқа болиду. Конденсаторниң энергияси уни зарядлигән вақиттики иссиқлиқ тәсири билән өлчиниду. Конденсатор зарядләнгәндә спираль вә һава қизийду, пробиркиниң ичидики бесим жуқурлайду, әйнәк нәйчидики тамча көтирлиду. Конденсаторниң сиғдурушлуғини икки һәссә ашурсақ, нәйчидики тамчиму икки һәссә егизликкә көтирлиду. Конденсаторни сиғдрушлиғи икки һәссә көп конденсаторға авуштурсақ, тамчиниң йөткилишима икки һәссә өсиду.

IV. Конденсаторға берилгән зряядниң конденсаторниң орамлиридики күчинишкә бағлинишлиқ графигидин энергияни ениклаш

191-сүрәттә конденсатор орамлиридики күчинишниң конденсаторға берилгән зарядқ бағлинишлиқ графиги көрситилгән. $W = \dfrac{qU}{2}$ формулисиниң асасида график астидики фигуриниң мәйдани санлиқ мәнаси жәһәттин конденсаторниң электр мәйданниң энергиясигә тәң. $q = 4 \cdot 10^{-4}$ *Кл* заряд берилгәндә, конденсаторниң орамлиридики электр мәйданиниң энергияси $W = 0{,}04$ *Дж* болиду.

2-тапшурма

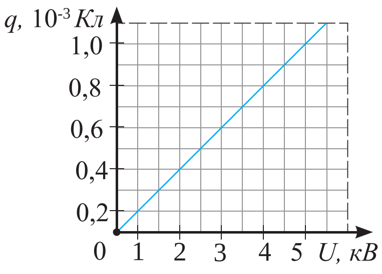
1. Япилақ конденсаторниң орамлирида пәйда болидиған мәйданниң күч сизиқлирини тәсирләңлар. Конденсатор сиртида электр мәйданиниң күчинишлгини нөлгә тәң екәнлигини испатлаңлар.
2. (4) формулини пайдилинирп, энергияниң һәҗимлик зичлиғиниң өлчәм бирилигини йезиңлар. Қандақ миқдар дәл мошундақ бирликкә егә?



191-сүрәт. *Конденсатор орамлиридики күчинишниң зарядқә бағлилинишлиқ графиги*

3-тапшурма

192-сүрәттә берилгән график бойичә конденсаторниң электр мәйданиниң энергиясини вә сиғдурушлуғини еникләңлар.



192-сүрәт. *Конденсатор орамлиридики зарядниң күчишкә бағлинишлиқ графиги*

Өз тәҗрибәңлар

1. Тәҗрибә жүргүзүлидиған түзүлминиң тәсвирлиниши бойичә униң схемиисини сизиңлар.
2. Конденсаторниң электр мәйдан энергиясиниң
а) күчинишниң турақлиқ мәнасида конденсатор сиғдурушлуғиға;
б) сиғдурушлуқ турақлиқ чағда конденсаторниң орамлиридики күчинишкә бағлинишлиғини тәтқиқ қилиңлар
3. Елинған нәтиҗә бойичә конденсатор энергиясиниң бағлинишлиқ графигини сизиңлар.
4. Елинған нәтиҗини нәзәрийәвий йәкүнләш билән селиштуруңлар

##ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Япилақ һава конденсаториниң энергияси $W_1 = 2 \cdot 10^{-7}$ *Дж.* Конденсаторни диэлектрлиқ өткүрлүги $\varepsilon = 2$ диэлектрик билән толтурғадин кейин: 1) конденсатор ток мәнбәсидин ажритилған; 2) конденсатор ток мәнбәсигә қошулған һаләтләрдики энергиясини ениқлаңлар.

Берилгини:
$W_1 = 2 \cdot 10^{-7}$ *Дж*
$\varepsilon = 2$
1) $q = \text{const}$
2) $U = \text{const}$

$q = \text{const}$ болғанда $W_2 - ?$
$U = \text{const}$ болғанда $W_3 - ?$

Йешилиши:
Конденсаторниң сиғдурушлуғи диэлектрик билән толтурғандин кейин 2 һәссә өссиду: $C_2 = 2C_1$
Биринчи һаләттә конденсатор ток мәнбәсидин ажритилған, бу һаләттә униң заряди өзгәрмәйду, у чағда конденсаторниң энергиясини келәси формула билән һесаплаймиз:

$$W_2 = \frac{q^2}{2C_2} = \frac{q^2}{2 \cdot 2C_1} = \frac{W_1}{2}.$$

Конденсаторниң энергияси 2 һәссә азийиду: $W_2 = 10^{-7}$ *Дж.*
Иккинчи һаләттә, йәни конденсатор ток мәнбәсигә қошулған чағда конденсаторниң орамлиридики күчиниш турақлиқ миқдар болиду. Конденсатор энергияси мундақ болиду:

$$W_2 = \frac{C_2U^2}{2} = 2\frac{C_1U^2}{2} = 2W_1$$

Конденсаторниң энергияси 2 һәссә өскән:

$$W_3 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Дж.}$$

Җавави: $q = \text{const}$ болғанда $W_2 = 10^{-7}$ *Дж*
$U = \text{const}$ болғанда $W_3 = 4 \cdot 10^{-7}$ *Дж*

Тәкшүрүш соаллири

1. Электр мәйданиниң энергияси қандақ ениқлиниду?
2. Конденсаторниң қайси бөлигидә электр мәйданиниң барлиқ энергияси жиғилған?

3. Электр мәйдан энергиясиниң зичлиғи қандақ ениқлиниду?
4. Электр мәйдан энергиясиниң зичлиғиниң өлчәм бирилигини атаңлар.

Көнүкмә 35

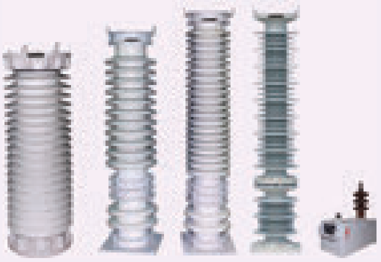
1. Электр сиғдурушлуғи 20 *мкФ* конденсаторға 5 *мкКл* заряд берилгән. Зарядләнгән конденсаторниң энергияси қандақ?
2. Турақлиқ күчиниши U = 1000 *В* ток мәнбәсигә қошулған конденсаторниң электр сиғдурушлуғи C_1 = 5 *пФ*. Конденсаторниң орамлириниң арилиғини n = 3 һәссә кичикләтти. Конденсаторниң орамлириниң зарядиниң вә электр мәйдан энергиясиниң өзгиришини ениқлаңлар.
3. Һава конденсаторлириниң пластинилирини ток мәнбәсидин ажритип, иккигә бөлүп, пәйда болған бошлуқни диэлектриклиқ өткүрлүги 4 диэлектрик билән толтурди. Конденсатордики электр мәйданиниң энергияси нәччә һәссә азайди?
4. Мәйдани 200 *см*^{2} болидиған конденсаторниң япилақ пластинирилири өз ара 1 *см* арилиқта орунлашқан. Әгәр күчиниш 500 *кВ/м* болса, у чағда униң мәйдан энергияси қандақ?
5. Электр сиғдурушлуғи 2*мкФ* конденсаторға 10^{-3} *Кл* заряд берилгән. Конденсатор орамлири өткүзгүч билән қошулған. Конденсатор разрядланған чағда өткүзгүчтә бөлүнидиған иссиқлиқни вә разрядланғичә вә разрядланғандин кейинки орамлар арисидики потенциаллар айримисини ениқлаңлар.

Ижадий тапшурма

Келәси мавзулар бойичә әхбарат тәйярлаңлар (ихтияриңларчә):

1 ҚЖ мәһкимилиридики конденсатор ишләпчиқириши.

2. Күчлүк конденсаторлар билән конденсаторлуқ қурулмиларниң атқуридиған вәзипилири (193-сүрәт).



193-сүрәт. *Қазақстанда ишләп чиқирилған конденсаторлар, Өскәмән ш.*

10-бапниң йәкуни

Қанунлар	Электр мәйданиниң характеристикилири	
	Күчинишлик	Потенциал
Зарядниң сақлиниш қануни: $q_1 + q_2 + q_3 + ... + q_n = const$ $q = N\lvert e\rvert$ Кулон қануни $F_K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon}\frac{\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}{r^2}$ $F_K = \frac{k\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}{\varepsilon r^2}$ Мәйданларниң суперпозиция принципи $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + ... + \vec{E}_n$ $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + ... + \varphi_n$ Гаусс теоремиси $\Phi_E = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i}{\varepsilon\varepsilon_0}$	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ Чекитлик заряд мәйданиниң күчинишлиги $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$; $E = \frac{kq}{\varepsilon r^2}$ Чәксиз пластина мәйданиниң күчинишлиги $E = \frac{q}{2\varepsilon\varepsilon_0 S}$; $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}$ $\sigma = \frac{q}{S}$ – зарядниң бәтлик зичлиғи Һәрхил бәлгүлүк пластинилар арисидики мәйдан күчинишлиги $E = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S}$; $E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$	$\varphi = \frac{W_p}{q}$ Чекитлик заряд мәйданиниң потенциали $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}$; $\varphi = \frac{kq}{\varepsilon r}$ Бирхил мәйданниң потенциали $\varphi = Ed$

Мәйдандики зарядниң потенциаллиқ энергияси, зарядни орун йөткигәндә орунлинидиған иш		Иш вә мәйданниң потенциали
Бирхил мәйдан	Бирхил әмәс мәйдан	
$W_p = qEd$ $A = -(qEd_2 - qEd_1)$	$W_p = \frac{kQq}{r}$ $A = \frac{kQq}{r_1} - \frac{kQq}{r_2}$	$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$ $U = \varphi_1 - \varphi_2$ $A = qU$

Өткүзгүчләрниң сиғдурушлуғи	Конденсаторларни қошушниң асасий қанунийәтлири	
	Пәйдин-пәй қошуш	Параллель қошуш
Изоляцияләнгән өткүзгүчниң сиғдурушлуғи $C = \frac{q}{\varphi}$ Изоляцияләнгән шарниң сиғдурушлуғи $C = 4\pi\varepsilon_0 r$ Сферилиқ конденсаторниң сиғдурушлуғи $C = \frac{4\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}{r_2 - r_1}$ Япилақ конденсаторниң сиғдурушлуғи $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$	$U = U_1 + U_2 + ... + U_n$ $q = q_1 = q_2 = ... = q_n$ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_n}$ $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ $C = \frac{C_1}{n}$ $\frac{C_1}{C_2} = \frac{U_2}{U_1}$	$U = U_1 = U_2 = ... = U_n$ $q = q_1 + q_2 + ... + q_n = \sum_{i=1}^{n} q_i$ $C = C_1 + C_2 + ... + C_n$ $C = nC_1$ $\frac{q_1}{q_2} = \frac{C_2}{C_1}$

Муһитниң диэлектрлиқ өткүрлүги	Конденсаторниң электр мәйданиниң энергияси билән зичлиғи
$\varepsilon=\frac{F_0}{F}$; $\varepsilon=\frac{E_0}{E}$	$W=\frac{qU}{2}$; $W=\frac{CU^2}{2}$; $W=\frac{q^2}{2C}$; $\omega=\frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}$

Қанунлири

Зарядниң сақлинши қануни:

Һәрқандақ туюқ системиниң электр зарядлириниң алгебрилиқ қошундиси мошу системиниң ичидә һәрқандақ җәриянлар өтүватсиму өзгиришсиз қалиду.

Кулон қануни: Икки чекитлик зарядләрниң өз ара тәсирлишиш күчи зарядләрни қошидиған түз сизиқ бойи билән йөнәлгән икки зарядниң көпәйтиндисигә тоғра пропорционал вә уларниң арисидики арилиқниң квадратиға әкси пропорционал.

Мәйданларниң суперпозиция принципи:

Зарядләр системиси пәйда қилған электр мәйданиниң бошлуқниң берилгән чекитидики күчинишлиги һәрбир заряд мәйданиниң күчинишлигиниң геометриялик қошундисиға тәң.

Бирнәччә заряд һасил қилған мәйданниң потенциали зарядләр мәйданиниң потенциаллириниң алгебрилиқ қошундисиға тәң.

Гаусс теоремиси: Һәрқандақ туюқ бәт арқилиқ өтидиған күчинишлик еқими бәт ичидики һәммә әркин электр зарядләрниң алгебрилиқ қошундисини $\varepsilon\varepsilon_0$ көпәйтиндисигә бөлгәнгә тәң.

Глоссарий

Диполь – бу өзиниң шәхсий мәйданини түзидиған, бир-биригә нисбәтән силҗиған бағлинишқан зарядләр системиси.

Конденсатор – заряд билән электр мәйданиниң энергиясини жиғидиған қурулма. У келинлиғи орамлириниң өлчәмлири билән селиштурғанда аз болидиған диэлектрик билән бөлүнгән икки пластинидин туриду.

Кулон – ток күчи 1 *А* болғанда 1 *сек* ичидә өткүзгүчниң тоғра қийилмиси арқилиқ өткән электр заряди.

Муһитниң диэлектрлиқ өткүрлүги – диэлектриктики зарядләрниң өз ара тәсирлишиши күчи вакуумға қариғанда нәччә һәссә аз екәнлигини көрситидиған физикилиқ миқдар.

Фарад – заряд 1 *кулонға* өзгәргән чағда потенциали 1 *вольтқа* өсидиған өткүзгүчниң сиғдурушлуғи.

Чекитлик зарядләр – өлчәмлири уларниң арисидики арилиқлиридин интайин кичик болидиған зарядләнгән җисимлар.

Эквипотенциаллиқ бәт – һәммә чекитлиридә мәйдан потенциали бирдәк болидиған бәт.

Электр мәйдани – зарядләнгән җисимларниң өз ара тәсирлишишини характерләйдиған материя.

Электр мәйданиниң күч сизиқлири – һәрбир чекиттики яндашмиларниң йөнилиши мәйданниң күчинишлик векториниң йөнилиши билән мас келидиған сизиқлар.

Электр мәйданиниң күчинишлиги – бошлуқниң берилгән чекитидә орунлашқан иҗабий санлиқ зарядқә тәсир қилидиған күчниң, мошу заряд миқдариниң нисбитигә тәң.

Электрлиқ индукция – өткүзгүчниң тәсир арқилиқ зарядлиниш җәрияни.

Электростатика – қозғалмайдиған электр зарядлири арисидики өз ара тәсирлишишләрни тәтқиқ қилидиған электродинамикиниң бөлүми.

11-БАП

ТУРАҚЛИҚ ТОК

Дәсләпки қетим зарядләнгән зәрриләрниң һәрикитини Италия алим-биологи Луиджи Гальвани байқиди. У һәрхил металл пластина билән бағлинишқа чүшкәндә, өлүк пақиниң тапанлириниң импульслуқ қисқиришини байқиди. Гальвани тәтқиқатлирини Александр Вольт давамлаштурди.
У тәҗрибә йүзидә һәрхил металл пластинилар туз, кислота вә шахар (щелочь) еритмилириға салғанда, уларниң арисида ток пәйда болидиғанлиғини испатлиди. Зарядләнгән зәрриләрниң һәрикити көплигән физик алимларниң диққитини өзигә җәлип қилди. Һәр түрлүк муһитларда һәрикәтлинидиған зарядләнгән зәрриләр беқинидиған қанунлар эксперимент йүзидә ечилған. Алимларниң тәтқиқат нәтиҗилири санаәт саһалири билән турмушта кәң қоллинишқа егә болди. Һазирқи аләмни электр токини пайдилинидиған һәр түрлүк қураллар вә қурулмиларсиз тәсәввур қилиш мүмкин әмәс.

Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:
- тизминиң өткүзгүчләр арилаш қошулған участкиси үчүн Ом қанунини пайдилиншини;
- өткүзгүчләрниң арилаш қошулушини тәтқиқ қилишни;
- ток мәнбәсиниң һәрхил иш режимидики (адәттики иш, бош меңиш, қисқа қошулуш режими) электр һәрикәтләндүргүчи күчиниш арисидики бағлинишини;
- толуқ тизма үчүн Ом қанунини қоллинишини;
- ток мәнбәсиниң электр һәрикәтләндүргүчи күчини вә ички қаршилиғини тәҗрибә арқилиқ ениқлашни;
- тармақланған электр тизмисиға Кирхгоф қанунини қоллинишни;
- һесаплар чиқарғанда ток мәнбәсиниң ишини, қувитини вә пайдилиқ иш коэфициентиниң формулисини пайдилинилишини үгинисиләр.

§ 36. Электр токи. Тизма участкиси үчүн Ом қануни. Өкүзгүчләрни арилаш қошуш

Күтүлидиған нәтиҗә:

Параграфни өзләштүргәндә:

- *тизминиң өткүзгүчләр арилаш қошулған участкиси үчүн Ом қанунини қоллинишни үгинисиләр.*

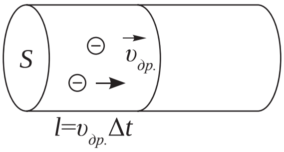
Җавави қандақ?

Немишкә әркин зарядларниң өткүзгүчтики иссиқлиқ һәрикитини электр токи дәп ейталмаймиз?
Қандақ шараитларда өткүзгүчтики әркин зарядләр йөнәлгән һәрикитини орунлайду?

Әскә чүшириңлар!

Ток күчиниң өлчәм бирлиги:

1 ампер: $[I]=\frac{1Кл}{1с}=1A$



194-сүрәт. *Дрейфларниң илдамлиғи – зарядланған зәрриләрниң йөнәлгән илдамлиғи*

Җавави қандақ?

Немишкә қувәтлик электр қураллирини, мәсилән, дәзмални, микродолқунлуқ пәчни ток мәнбәсигә тоғра қийилмиси йоған сим билән қошиду.

I. Электр токи. Ток күчи. Ток зичлиғи

Өткүзгүчтики зарядләнгән зәрриләрниң йөнәлгән һәрикити сиртқи электр мәйданниң тәсиридин пәйда болиду.

Электр токи – электр зарядләрниң йөнәлгән һәрикити.

Өткүзгүчтики электр токини характерләш үчүн мундақ физикилиқ миқдар киргүзүлиду: ток күчи вә ток зичлиғи.

Ток күчи – вақит бирлиги ичидә өткүзгүчниң тоғра қийилмиси арқилиқ өтидиған заряд мөлчәригә тәң миқдар.

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (1)$$

Зарядни бир зәрриниң зарядиниң уларниң саниға N көпәйтиндиси билән алмаштурсақ:

$$\Delta q=|q_0|N, \quad (2)$$

бу йәрдә $|q_0|$ – бир зәрриниң заряди. Δt вақитта өткүзгүчниң тоғра қийилмиси арқилиқ V һәҗимдә орунлашқан зарядләр өтиду *(194-сүрәт)*. У йәрдә зарядләр концентрациясиниң бәлгүлүк бир мәнасида, уларниң санини төвәндики формула билән ениқлашқа болиду:

$$N=nV, \quad (3)$$

бу йәрдә

$$V=Sl=Sv_{др.}t \quad (4)$$

(2), (3) вә (4) тәңлимилирини (1) гә қоюп, төвәндикини алимиз:

$$I=|q_0|nv_{др.}S. \quad (5)$$

Елинған формулидики $v_{др.}$ – зарядләнгән зәрриләрниң йөнәлгән илдамлиғи яки уларниң дрейфиниң илдамлиғи.

Ток зичлиғи – ток күчиниң өткүзгүчниң тоғра қийилмисиниң мәйданиға болған нисбитигә тәң физикилиқ миқдар.

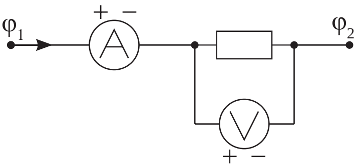
$$j=\frac{I}{S}. \quad (6)$$

Ток зичлиғиниң өлчәм бирлиги $[j]=1\frac{A}{м^2}$

Ток зичлиғи зарядланған зәрриләрниң концентрацияси билән уларниң дрейфиниң илдамлиғи билән вә заряд миқдари билән ениқлиниду:

$$j = |q_0| n \upsilon_{др.} \qquad (7)$$

Мәнаси жуқури токларға һесапланған қувәтлик электр қиздурғуч қуралларниң қийилмиси йоған симлар арқилиқ мәнбәгә қошулиду. Бу симниң қизип кетишидин вә изоляцияниң ерип кетишидин сақлаш үчүн вә симдики ток зичлиғини азайтиш үчүн һаҗәт.



195-сүрәт. *Актив қаршилиғи бар тизма участкиси*

II. Тизма участкиси үчүн Ом қануни

Експериментлиқ мәлуматлар асасида Г.Ом мундақ хуласигә кәлди:

Тизмидики ток күчи шу участкидики күчинишкә тоғра пропорционал вә қаршилиққа экси пропорционал.

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R}$$

яки

$$I = \frac{U}{R} \qquad (8).$$

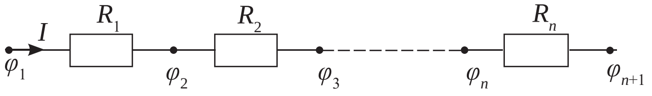
Берилгән қанунийәтләрни тизма участкиси үчүн Ом қануни дәп атайду *(195-сүрәт)*.

Тапшурма

195-сүрәткә қарап амперметрни вә вольтметрни тизмиға қошуш қаидисини чүшәндүрүңлар.

III. Өткүзгүчләрни параллель вә пәйдин-пәй қошуш

Әгәр келәси өткүзгүчниң бешини алдинқи өткүзгүчниң ахири билән қошидиған болса, у чағда өткүзгүчләрни қошушниң бу түрини өткүзгүчләрни пәйдин-пәй қошуш дәп атайду (196-сүрәт).

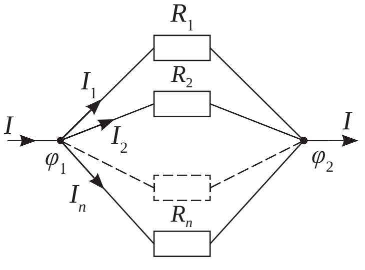


196-сүрәт. *Өткүзгүчләрни пәйдин-пәй қошуш*

Параллель қошуш вақтида өткүзгүчләрниң беши бир түгүнгә, ахири иккинчи түгүнгә қошулиду (197-сүрәт).

Пәйдин-пәй қошушни параллель қошуштин ажритиш қийин әмәс, пәйдин-пәй қошуш вақтида тизмида түгүнләр болмайду.

Түгүн – үч яки униңдинму көп өткүзгүчләрни қошуш.



197-сүрәт. *Өткүзгүчләрниң параллель қошулуши*

Әстә сақлаңлар!

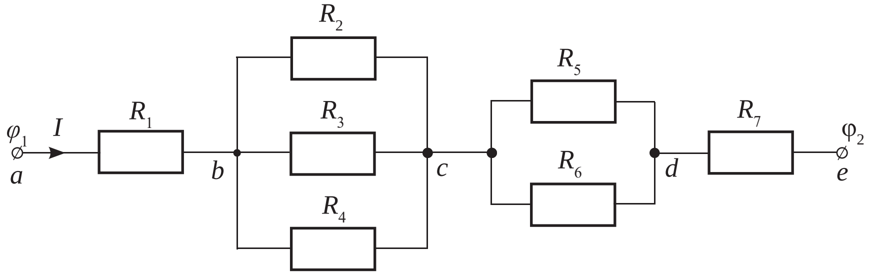
U күчиниш дегинимиз – ток мәнбәси йоқ тизминиң икки чекитиниң потенциаллириниң айримиси $\varphi_1 - \varphi_2$.

14-жәдвәл. Өткүзгүчләрни параллель вә пәйдин-пәй қошуш формулилири

Миқдарларниң нисбити	Улаш түрлири	
	пәйдин-пәй	параллель
Умумий токниң тизма участкилиридики токлар билән бағлиниш	$I_{умум.} = I_1 = I_2 = \ldots = I_n$	$I_{умум.} = I_1 + I_2 + \ldots + I_n$
Умумий күчинишниң тизма участкилиридики күчинишниң чүшүши билән бағлиниши	$U_{умум.} = \varphi_1 - \varphi_{n+1}$; $U_{умум.} = U_1 + U_2 + \ldots + U_n$	$U_{умум.} = \varphi_1 - \varphi_2$; $U_{умум.} = U_1 = U_2 = \ldots = U_n$
Тизма участисидики умумий қаршилиқ	$R_{умум.} = R_1 + R_2 + \ldots + R_n$	$\frac{1}{R_{умум}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}$
Қаршилиқлири миқдарлири бойичә тәң n өткүзгүчниң умумий қаршиғи	$R_{умум.} = nR$	$R_{умум} = \frac{R}{n}$
Икки өткүзгүчниң қаршилиғи	$R_{умум.} = R_1 + R_2$	$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
Өзгәрмә миқдарларниң нисбити	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$; $U_1 : U_2 : U_3 : \ldots : U_n$; $R_1 : R_2 : R_3 : \ldots : R_n$	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$; $I_1 : I_2 : I_3 : \ldots : I_n$; $\frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \ldots : \frac{1}{R_n}$

IV. Өткүзгүчләрни арилаш қошуш

Өткүзгүчләрни арилаш қошуш пәйдин-пәй вә параллель қошушларни бириктүриду. Тизминиң умумий қаршилиғини, ток билән күчинишниң униң участкилири бойичә тарилишини һесаплашта параллель қошуш, шундақла пәйдин-пәй қошуш формулилирини қоллинилиду. 198-сүрәттә өткүзгүчләрни арилаш қошуш көрситилгән.

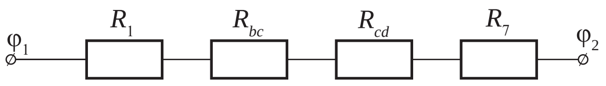


198-сүрәт. *Өткүзгүчләрни арилаш қошуш*

Тизминиң bc вә cd участкилирида өткүзгүчләр параллель қошулған, демәк бу участкидики һесаплашлар параллель қошуш қанунлири билән орунлиниду:

$$R_{bc} = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_3 R_4 + R_2 R_4 + R_2 R_3}, \quad R_{cd} = \frac{R_5 R_6}{R_5 + R_6}.$$

Һесаплашларни оңайлаштуруш үчүн *эквивалентлиқ схемилар* қоллинилиду. Эквивалентлиқ схема тизма участкилиридики йәккә қаршилиқларни умумий қаршилиққа алмаштурғанда 199-сүрәттикидәк болиду.



199-сүрәт. *198-сүрәттә көрситилгән тизминиң эквиваленитлиқ схемиси*

Тизмида түгүнләр йоқ болғанлиқтин, елинған схема – өткүзгүчләрни пәйдин-пәй қошуш схемиси. Тизминиң умумий қаршилиғи мону қаршилиқларниң қошундисиға тәң болиду:

$$R_{умум.} = R_1 + R_{bc} + R_{cd} + R_7.$$

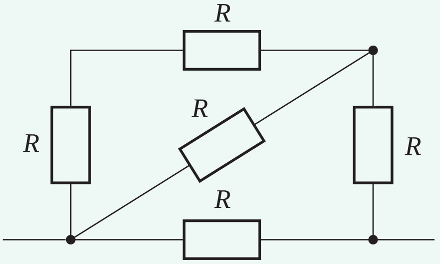
Тизмидики күчиниш билән ток күчиниң тарилишини һесаплаш вақтида тизма участкиси үчүн Ом қанунини қоллинилиду.

Тәкшүрүш соаллири

1. Электр токи дегинимиз немә?
2. Электр токини характерләйдиған миқдарларни атаңлар, уларға ениқлима бериңлар.
3. Тизма участкиси үчүн Ом қанунини тәрипләңлар.
4. Қандақ қошушни пәйдин-пәй қошуш дәп атайду? Қандақ қошушни параллель қошуш дәп атайду?
5. Электр тизминиң түгүни дәп немини атайду?

Көнүкмә 36

1. Янчуқ фонари лампочкисиниң қиздуруш қили арқилиқ t = 2 мин ичидә q_1 = 20 *Кл* заряд өтиду. Қиздуруш арқилиқ q_2 = 60 *Кл* заряд өтидиған вақитни вә ток күчини ениқлаңлар.
2. Чақмақ өткүзгүч учини йәр билән қошидиған симниң тоғра қийилмисиниң мәйдани S = 1 *см*^{2}. Чақмақ разряди вақтида бу сим арқилиқ $I = 10^5$ *А* ток өтүши мүмкин. Өткүзгүчтики ток зичлиғини тепиңлар. Диаметри 2 *мм*, 1,57 *А* ток өтидиған өткүзгүчтики ток зичлиғи билән селиштуруңлар.
3. Әгәр I = 1 *А* ток күчидә күчинишниң чүшүши U = 1,2 *В* болса, өткүзгүчниң хас қаршилиғи ρ немигә тәң? Өткүзгүчниң диаметри d = 0,5 *мм*, узунлуғи l = 47 *мм*.
4. Қаршилиқлири охшаш R = 10 *Ом* төрт резистор бар. Уларни қошушниң нәччә усули бар? Һәр һаләт үчүн эквивалентлиқ каришилиқни тепиңлар.
5. Әгәр R = 4 *Ом* болса, у чағда 200-сүрәттә тәсивирләнгән тизмниин умумий қаршилиғи қандақ?



200-сүрәт. *36-көнүкминиң 5-һесавиға*

§ 37. Ток мәнбәсиниң электр һәрикәтләндүргүчи күчи вә ички қаршилиғи

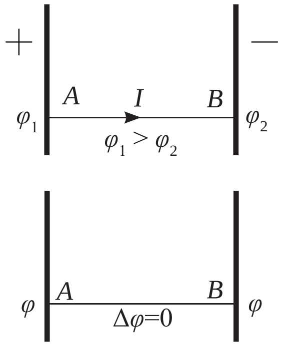
Күтүлидиған нәтижә:

Параграфни өзләштүргәндә:

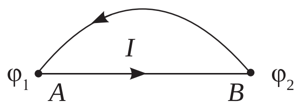
- *ток мәнбәсиниң һәрхил иш режимидики (адәттики иш, бош меңиш, қисқа қошулуш режими) электр һәрикәтләндүргүчи күч билән күчинишиниң арисидики бағлинишни тәтқиқ қилишни үгинисиләр.*

I. Турақлиқ электр токиниң пәйда вәможут болуши үчүн һаҗәт шәртләр

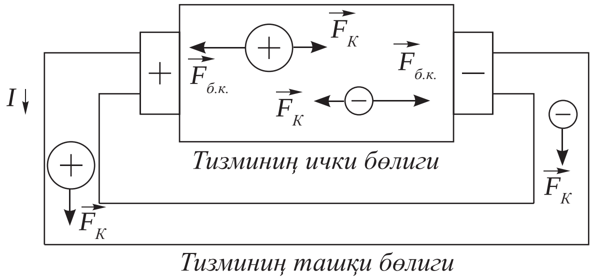
Зарядләнгән конденсатор пластинилирини *АВ өткүзгүчи билән қошайли, өткүзгүчтә электр токи пәйда болиду. Конденсатор разрядланғандин кейин, өткүзгүч учлиридики потенцаллар айримиси нөлгә тәң болиду, ток тохтайду (201-сүрәт)*. Тизмидики токни тутуп туруш үчүн униң учлирида потенциаллар айримисини һасил қилиш керәк: туюқ тизма ясап, башқа өткүзгүч бойичә зарядләрни қайтидин тошушқа болиду *(202-сүрәт)*. Зарядни *В* чекитидин *А* чекитигә көчиришни электрлик әмәс башқа күчләрниң ярдими билән әмәлгә ашурушқа болиду, сәвәви *В* чекитиниң потенциали *А* чекитиниң потенциалидин кичик. Өткүзгүчтә маңидиған җәриянлар янту тәкшиликтики җисим һәрикитигә охшаш. Еғирлиқ күчиниң тәсиридин җисим жуқарқи сәвийәдин төвәнәрәк сәвийәгә көчиду. Серилған җисимниң һәрикитидин қайтидин келипиға кәлтүрүш үчүн уни янту тәкшиликниң чоққисиға қайтидин көтириш һаҗәт. Мошундақ орун йөткәш еғирлиқ күчидин бөләк башқа күчләрниң тәсиридинла әмәлгә ашиду. Җисимни көтириш вақтида еғирлиқ күчи сәлбий иш орунлайду. 203-сүрәттә электр тизмисиниң схемиси көрситилгән. Ток мәнбәсиниң ичидә, зарядләрни полюсларға қарап силҗитиш ишини башқа күчләр атқуриду. Кулонлуқ күчниң иши сәлбий. Ташқи тизмида зарядләр кулонлуқ күчләрниң тәсиридин орун йөткәйду. Иҗабий зарядләр мәнбәниң иҗабий полюсидин сәлбий полюсиға, сәлбий зарядләр болса сәлбий полюстин иҗабий полюсқа орун йөткәйду.



201-сүрәт. *Конденсатор орамлири арисидики қисқа мәзгиллик ток*



202-сүрәт. *Туюқ тизмидики зарядни тошуш*



203-сүрәт. *Электр тизмисиниң принциплиқ схемиси*

Җавави қандақ?

Өткүзгүчтики зарядләрниң һәрикити қандақ шәртләрдә рәтләнгән болиду?

Шуниң билән, турақлиқ ток елишқа һаҗәт шәрт – ток мәнбәси бар туюқ өткүзгүч тизма болуш керәк.

Тизма тәркивиди: ток мәнбәси, ток истимал қилғучилар, қошқучи симлар, ажратқуч вә өлчигүч әсваплар.

II. Электр энергияси мәнбәсиниң электр һәрикәтләндүргүчи күчи

Ток мәнбәсидә һәрхил энергия түрлириниң электр энергиясигә айлиниши әмәлгә ашиду. Энергияниң сақлиниш қануни бойичә башқа күчләрниң иши тизминиң ички вә ташқа участкилиридики кулонлуқ күчләрниң ишиға тәң:

$$A_{б.к.} = A_r + A_R.$$

Тәңлимини икки тәрипинила туюқ контур бойичә тошулған зарядқә бөлсәк:

$$\frac{A_{б.к}}{q} = \frac{A_r}{q} + \frac{A_R}{q}$$

яки

$$\varepsilon = U_r + U_R$$

бу йәрдә ε – ЭһК, U_r – тизминиң ички участкисидики күчинишниң чүшүши, U_R – тизминиң ташқа участкисидики күчинишиниң чүшүши.

Электр һәрикәтләндүргүчи күч – бирлик зарядни тошушта башқа күчләрниң атқуридиған ишиға тәң физикилиқ миқдар.

$$\varepsilon = \frac{A_{б.к}}{q}$$

ε (ЭһК) өлчәм бирлиги – вольт, [ε] = 1 *В*.

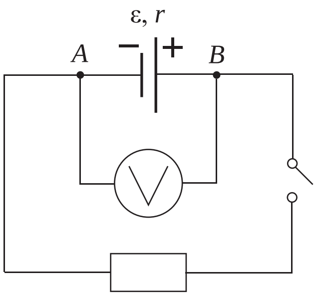
III. ЭһК вә һәрхил иш режимидики ток мәнбәсиниң күчиниши

1. *Бош меңиш режими (жүклимисиз).*

Бош жүрүш режимида ток мәнбәсиниң ЭһКни ташқи туюқланмиған тизмида униңға уттур вольтметрни қошуш арқилиқ өлчәйду *(204-сүрәт)*. Туюқланмиған тизмида ток болмайду, демәк, тизминиң ташқи бөлигидә күчиниш чүшүши йоқ, ички бөлигидә у интайин аз: $U_R = 0$, $U_r = 0$.

Җавави қандақ?

1. *Немишкә A вә B чекитлириниң потенциаллириниң айримисини қелипқа кәлтрүш үчүн башқа күчләрниң иши һаҗәт болиду (202-сүрәт)?*
2. *Немишкә ток мәнбәсидә зарядләрни таритиш бойичә орунлинидиған ишни кулонлуқ күчләр һесавиға орунлаш мүмкин әмәс?*
3. *Немишкә ток мәнбәсидики башқа күчләрниң иши тизминиң ташқи вә ички участкилиридики кулонлуқ күчләрниң ишлириниң қошундисиға тәң?*



204-сүрәт. *Ток мәнбәсиниң ЭһК өлчәш*

Өз тәҗрибәңлар

1. 204-сүрәттә көрситилгән тизмини жиғиңлар. Вольтметрниң ачқуч туюқланған вә ажритилған вақтидики көрсәткүчини йезиңлар. Немишкә вольтметрниң көрсәткүчи туюқланған вақитта кемийду?
2. Тизмиға резисторни вә реостатни пәйдин-пәй қошуңлар.

Ползунокниң орнини алмаштуруп, тизминиң ташқи вә ички бөлигидики күчинишниң тәхсимлинишини тәкшүрүңлар. Елинған нәтиҗә бойичә хуласә ясаңлар.

Вольтметр қаршилиғи чәксиз чоң, уни ток мәнбәсигә қошуш ток мәнбәси полюслириниң потенциаллар айримисиға иш йүзидә тәсир қилмайду. Вольтметрдики күчиниш ЭһКгә тәң.

$$\varphi_A - \varphi_B = \varepsilon$$

2. **Ишләш режими.** Ишләш режимидә туюқланған ачқучта *AB* чекитлири арисидики потенциаллар айримиси мундақ болиду:

$$\varphi_A - \varphi_B = \varepsilon - U_R \text{ яки } \varphi_A - \varphi_B = U_R,$$

Вольтметр тизминиң ташқи участкисидики күчинишни көрситиду. Тизминиң ички бөлигидики күчинишниң чүшүши электр күчиниң сәлбий ишиниң тәсиридин болиду.

3. **Қисқа қошулуш режими**. Әгәр жүклимә қаршилиғи интайин аз болса, у чағда ток мәнбәси қисқа қошулуш режимида иш атқуриду. Тизминиң ички участкисидики күчиниш ЭһКгә тәң болиду:

$$U_r = \varepsilon$$

Ток күчи ток мәнбәсидә бирдин өтүп, максимал мәнасиға йетиду:

$$I_{қ.қ.} = \frac{\varepsilon}{r}$$

Жавави қандақ?

1. *Немишкә қис^қа қошулуш һадисиси ховуплуқ?*
2. *Немишкә ток мәнбәсиниң ички қаршилиғи ташқи тизма қаршилиғиға қариғанда азайтишқа тиришиду?*

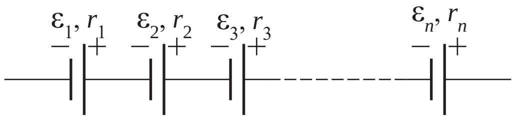
Жавави қандақ?

Әгәр ток мәнбәсиниң ичидә ток сәлбий полюстин иҗабий полюсқа йөнәлсә, немишкә тизминиң участкисиниң потенциали артиду?

Қисқа қошулуш вә бош жүрүш режимлири ток мәнбәсиниң чәклик ишләш режимлири дәп атилиду.

IV. Ток мәнбәлирини пәйдин-пәй вә параллель қошуш

Ток мәнбәлирини пәйдин-пәй қошуш вақтида *(205-сүрәт)* батареяниң ички қаршилиғини һәрбириниң қошундиси ретидә ениқлайду: $R_{умум.} = r_1 + r_2 + \ldots + r_n$.



205-сүрәт. *Ток мәнбәлириниң пәйдин-пәй қошулуши*

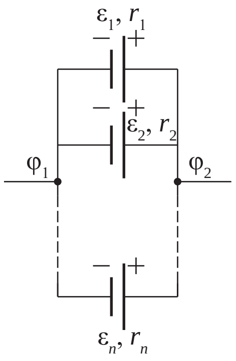
Бу һаләттә батареяниң ЭһК мундақ болиду:

$$E_{умум.} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \ldots + \varepsilon_n.$$

Бирдәк ток мәнбәлирини параллель қошуш вақтида *(206-сүрәт)* батареяниң ЭһКларниң бириниң ЭһК ретидә ениқлиниду: $\varepsilon_{умум.} = \varepsilon_1$,

Умумий ички қаршилиқ болса, бир ток мәнбәсиниң қаршилиғиниң уларниң саниға болған нисбити билән ениқлиниду:

$$r_{умум} = \frac{r}{n}$$



206-сүрәт. *Ток мәнбәлириниң параллель қошулуши*

Җавави қандақ?

Немишкә ток мәнбәлирини пәйдин-пәй қошуш билән биллә умумий ЭҺК мәнасиниң өсмигинигә қаримастин, параллель қошушму қоллинилиду?

Тәкшүрүш соаллири

1. Электр токи мүмкин болидиған шәртләрни көрситиңлар.
2. Ток мәнбәлиридә қандақ күчләр зарядләрни таритиш ишини атқуриду?
3. Ток мәнбәсиниң ЭҺК қандақ өлчиниду?
4. Тизминиң ички вә ташқи участкилиридики күчинишиниң тарилиши қаршилиқларға қандақ бағлинишлиқ?

Көнүкмә 37

1. Сиғдурушлуғи $C = 100$ *мкФ* конденсатор, $U = 300$ *В* күчинишкичә зарядләнгән, у $\Delta t = 0{,}1$ с вақитта разрядлиниду. Конденсаторниң разрядлиниш вақтидики ток күчиниң оттура мәнасини тепиңлар.
2. Сиғдурушлуғи 100 *мкФ* конденсатор 0,5 *сек* вақитта 500 *В* күчинишкичә зарядләнди. Зарялик ток күчиниң оттура мәнаси қандақ?
3. Батарея аккумулятори бир-биригә пәйдин-пәй қошулған $n = 8$ элементтин туриду. Һәр элементниң ЭҺК $\varepsilon = 1{,}5$ *В*, ички қаршилиқлири $r = 0{,}25$ *Ом*. Өз ара параллель қошулған қаршилиқлири $R_1 = 10$ *Ом* вә $R_1 = 50$ *Ом* икки өткүзгүч ташқи тизмини һасил қилиду. Батарея қисқучлиридики күчинишни ениқлаңлар.
4. Һәрбириниң қаршилиғи $r = 1$ *Ом* он ток мәнбәсини алди билән пәйдин-пәй қошуп, сиртқи R қаршилиғиға туюқландириду, шуниңдин кейин шу сиртқи қаршиликқа туюқландуруп параллель қошиду. Тизмидики ток күчи 5 һәссә ашқан вақиттики R қаршиликни ениқлаңлар. Қандақ мәхсәт билән өткүзгүчләрни пәйдин-пәй вә параллель қошиду?
5. Үч пәйдин-пәй қошулған элементтин тәркип тапқан икки топ параллель қошулған. Элементларниң һәрбириниң ЭҺК 1,2 *В,* ички қаршилиғи $r = 0{,}2$ Ом. елинған батарея $R = 1{,}5$ *Ом* сиртқи қаршилиқ билән туюқланған. Ташқи тизминиң ток күчини ениқлаңлар.

Иҗадий тапшурма

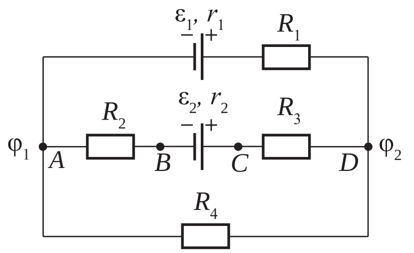
Келәси мавзулар бойичә әхбарат тәйярлаңлар (хаһишиңларчә):

1. «Ток мәнбәси билән иш ишлигәндики бехәтәрлик қаидилири».
2. Альтернативлиқ ток мәнбәлири вә уларни қоллиниш қаидилири.

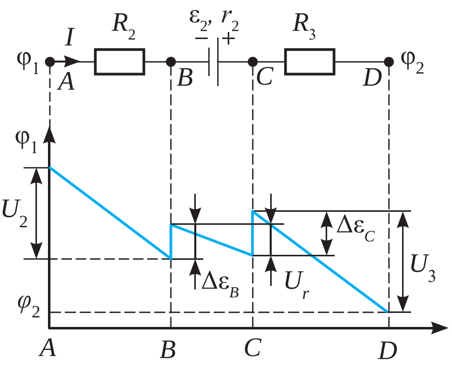
§ 38. Толуқ тизма үчүн Ом қануни

Күтүлидиған нәтиҗә:

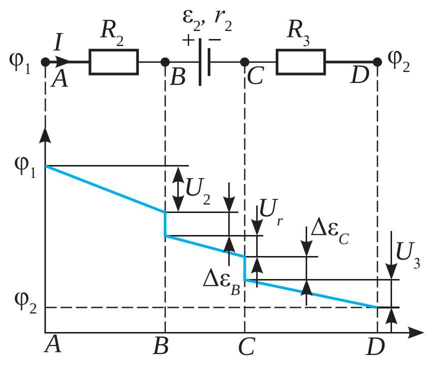
Параграфни өзләштүргәндә:
- *толуқ тизма үчүч Ом қануни қоллиналайсиләр*



207-сүрәт. *Тармақлирида ток мәнбәси бар тизминиң схемиси*



208-сүрәт. *Тизмиға тоғра қошқандики ток мәнбәсиниң полюслиридики күчинишиниң өрлиши*



209-сүрәт. *Тизмиға әкси қошқандики ток мәнбәсиниң полюслиридики күчинишиниң өрлиши*

I. Ток мәнбәси бар тизминиң участикиси үчүн Ом қануни

Тәркивидә электр һәрикәтләндүргүч күчи ε_2 вә ички қаршилиғи r_2 болидиған ток мәнбәси бар тизма участкисини қараштурайли *(207-сүрәт)*. Көрситилгән тизма участкисида ток солдин оңға қарап ақиду, әгәр $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ болса, у чағда $\varphi_1 > \varphi_2$ болиду. Көрситилгән тизма участкисида потенциалниң чүшүши R_1, r_2 вә R_3 қаршилиқлар орунлашқан участкида, потенцалланиң өсүши болса ток мәнбәсиниң полюслириду болиду. Мундақ һадисини дәрия бойиға плотина орнатқанда байқаймиз: дәрияниң һәммә участкилирида су төвәнләйду, платинида болса көтирилиду. 208-сүрәттә ток мәнбәси полюслиридики потенциалниң өрлиши вә қараштуриливатқан тизма участкисидики күчинишиниң чүшүши көрситилгән. Полюслардики потенциалниң өрлиши ток мәнбәсиниң электр һәрикәтләндүргүчи күчигә тәң:

$$\Delta\varepsilon_B + \Delta\varepsilon_C = \varepsilon_2. \qquad (1)$$

Тизма участкисиниң учлиридики потенциаллар айримиси һәрбир участкидики потенциалниң кемишиниң қошундиси билән ток мәнбәсидики потенциалниң өрлишиниң қошундисиға тәң:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = (U_2 + U_r + U_3) - \varepsilon_2$$

яки $\quad \varphi_1 - \varphi_2 = (IR_2 + Ur_r + IR_3) - \varepsilon_2. \qquad (2)$

Елинған тәңлимидин ток күчини ипадиләйли:

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon_2}{(R_2 + R_3) + r}. \qquad (3)$$

Умумий әһвалда (3) ипадини төвәндикидәк йезишқа болиду:

$$I = \frac{U + \varepsilon}{R + r}, \qquad (4)$$

бу йәрдә R – тизма участкисиниң умумий қаршилиғи, r – тизма участкисидики ток мәнбәсиниң умумий ички қаршилиғи, $U = \varphi_1 - \varphi_2$ – тизма учлиридики потенциаллар айримиси, ε – бәрилгән участкидики ток мәнбәсиниң ЭҺК умумий мәнаси.

Елинған формула ток мәнбәси бар тизма участкиси үчүн Ом қанунини ипадиләйду.

Ток мәнбәсини қошқан чағда полюсларниң өзгириши күчинишниң өрлишиниң характериға тәсир қилидиғанлиғини инавәткә елиш керәк. 209-сүрәттә ток мәнбәсини экси қошқан чағдики күчинишниң өрлиши көрситилгән. Бу чағда ток күчи мундақ болиду:

$$I = \frac{U - \varepsilon}{R + r} \qquad (5)$$

Ток мәнбәлиридә потенциалниң кәскин төвәнлиши дәриялардики шақиратмилардики су қининиң төвәнлишигә охшаш болиду.

II. Умумийлашқан Ом қанунининң айрим һаләтлири. Толуқ тизма үчүн Ом қануни.

1) (4) тәңлимини тизма участкисида ток мәнбәси үчүн язайли. $\varepsilon = 0$, $r = 0$ екәнлигини инавәткә алсақ, у чағда $I = \frac{U}{R}$. Биз аддий тизма участкиси үчүн Г.Ом тәриплигән қанунни алдуқ. R_4 қаршилиғи бар тармақ үчүн *(207-сүрәт)* аддий тизма участкиси үчүн Ом қанунини пайдилинишқа болиду:

$$I_4 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R_4} = \frac{U}{R_4}$$

2) 208-сүрәттә көрситилгән тизма участкисиниң учлирини қошсақ, туюқ тизма алимиз *(210-сүрәт)*. *A* вә *D* чекитлириниң потенциаллири тәң болиду, у чағда $U = \varphi_1 - \varphi_2 = 0$ (4) формула мундақ түргә келиду:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}. \qquad (6)$$

Елинған ипадини толуқ тизма үчүн Ом қануни дәп атайду.

Тизмидики ток күчи ток мәнбәсиниң ЭҺКгә тоғра пропорционал, сиртқи вә ички қаршилиқлириниң қошундисиға экси пропорционал.

III. Толуқ тизма үчүн Ом қанунининң ақивәтлири

(6) ипадидин

$$\varepsilon = IR + Ir$$

яки

$$\varepsilon = U_R + U_r \qquad (7)$$

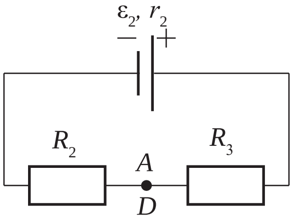
екәнлиги чиқиду

Җавави қандақ?

Тармаққа қошулған ток мәнбәси тизмидики ток күчигә қандақ тәсир қилиду?

Бу қизиқ!

Чәт әлләрдә, униң ичидә Франция билән Англияда Омниң ишлириға узақ вақит етивар берилмиди. 10 жилдин кейин француз физиги Пуле эксперимент нәтиҗисидә Ом ясиған нәтиҗиләрни алди. Француз мәктәплиридә Ом қанунлири Пуле қанунлири дегән нам билән оқутулиду.



210-сүрәт. *Ток мәнбәси бар туюқ тизма*

Муһим әхбарат

Адәм һаятиға ховуплук ток күчи 0,05 *А*. Адәм қоллириниң арисидики күчиниш адәмниң әһвалиға бағлиқ 800 *Ом*-ғичә төвәнләйду. Буниңдин 40 *В* күчиниш адәм һаятиға интайин хәтәрлик екәнлигини көрүмиз.

Җавави қандақ?

Немишкә А вә D чекитлиридики потенциаллар улар қошулғанда тәңлишиду?

ЭҺК зарядләрниң орнини алмаштуруш пәйтидә башқа күчләрниң атқуридиған иши болғанлиқтин, (7) тәңлимидин чиқидиғини башқа күчләр тизминиң ички участкилиридиму, ташқи участкисидиму иш орунлайду.

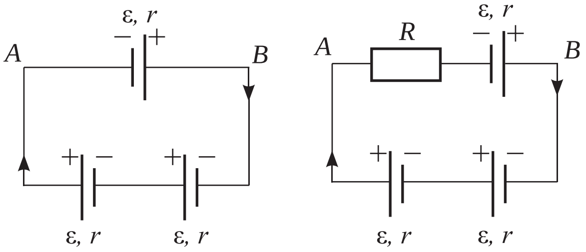
Ички қаршилиқниң аз мәнасида $r \to 0$ ток мәнбәсиниң барлиқ энергияси тизминиң ташқи участкисида сәрип қилиниду $\varepsilon = U$. Ички қаршилиқларниң аз мәналирида вә жүклимә болмиған пәйттә $R = 0$ туюқланған тизмидики ток күчиниң мәнаси артиду, қисқа қошулуш болиду. Тизмидики ток күчи чоң мәналарға егә болиду:

$$I_{қ.қ.} = \frac{\varepsilon}{r}, \qquad (8)$$

бу ток мәнбәсиниң, қошқучи симларниң қаттиқ қизишиға вә өткүзгүч симларниң көйүп кетишигә елип келиду.

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Һәрбиринин ЭҺК ε-ға, ички қаршилиғи *r*-ға тәң бирдәк үч ток мәнбәси *1), а-сүрәттә* тәсвирләнгәндәк қошулған. Қошқучи симларниң қаршилиқлирини инавәткә алмисиму болиду, *A* вә *B* чекитлириниң арисида қаршилиғи *R* резистор орунлашқанда, *A* вә *B* чекитлириниң арисидики потенциаллар айримисини ениқлаңлар *(1, ә-сүрәткә қараңлар).*



а) *ә)*

1-сүрәт.

Берилгини:	Йешилиши:
$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon$ $r_1 = r_2 = r_3 = r$ R	Толуқ тизма үчүн Ом қануниға мувапиқ $I = \dfrac{3\varepsilon}{3r} = \dfrac{\varepsilon}{r}$. У чағда $\Delta\varphi_1 = \varphi_A - \varphi_B = Ir - \varepsilon = 0$. *A* вә *B* чекитлириниң арисида резистор болғанда: $I = \dfrac{3\varepsilon}{3r + R}$ вә $\Delta\varphi_2 = \varphi_A - \varphi_B = \dfrac{3\varepsilon}{3r + R}(r + R) - \varepsilon = \dfrac{2\varepsilon R}{R + 3r}$.
$\varphi_1 - \varphi_2 - ?$	**Жавави:** 0; $\dfrac{2\varepsilon R}{R + 3r}$.

Тәкшүрүш соаллири

1. Ток мәнбәси бар тизма участкиси үчүн, Ом қанунини тәрипләңлар.
2. Қандақ токни қисқа қошулуш токи дәп атайду?
3. Тизминиң ички вә ташқи участкилиридики күчинишниң тарилиши қаршилиқларға қандақ бағлиқ?

Көнүкмә 38

1. Батареяниң ЭҺК $\varepsilon = 4{,}5$ *B*, ички қаршилиғи $r = 2$ *Ом*. Батарея қаршилиғи $R = 7$ *Ом* резисторға туюқланған. Тизмидики ток күчини вә батарея қисқучлиридики күчинишни ениқлаңлар.
2. ЭҺК $\varepsilon = 1{,}1$ *B* ток мәнбәсигә қошулған қаршилиғи $R = 2$ *Ом* өткүзгүчтики ток күчи $I = 0{,}5$ *A*. Ток мәнбәсиниң қисқа қошулуши пәйтидики ток күчини ениқлаңлар.
3. Ток мәнбәси бар вә қаршилиғи $R_1 = 4$ Ом, тизмидики ток күчи $I_1 = 0{,}2$ *A*. Әгәр сиртқи қаршилиқ $R_2 = 7$ *Ом* болса, у чағда тизмидики ток күчи $I_2 = 0{,}14$ *A*. Әгәр ток мәнбәси қисқа туюқланса, тизмидики ток күчиниң мәнаси қанчигә тәң болиду?
4. Ток күчи $I_1 = 1{,}5$ *A* пәйтидә тизма участкисидики күчиниш $U_1 = 20$ *B*, ток күчи $I_2 = 0{,}5$ *A* болғанда, шу участкидики күчиниш $U_2 = 8$ *B*-қа тәң болди. Тизминиң мошу участкисида тәсир қилидиған ЭҺК қанчигә тәң?
5. Ички қаршилиғи 2 *Ом* вә ЭҺК 12 *B* аккумуляторға икки бирдәк шам параллель қошулған. Шамларниң биридики ток күчи 1 *A*. Әгәр иккинчи шам көйүп кәтсә, биринчи шам арқилиқ ток күчини ениқлаңлар.
6. Автомобиль һайдиғучиси автомобиль аккумляториниң ЭҺКни өлчәш үчүн, аккумлятор, ЭҺКси 2 *B* ток мәнбәсини вә амперметрни параллель қошуп туюқ тизма жиғди. Бу чағда амперметр көрсәткүчиси 1 *A* болди. Аккумляторларниң қошулуш полярлиғини өзгәрткәндә тизмидики ток йөнилишини өзгәртти вә 0,75 *A* тәң болди. Аккумляторниң ЭҺК ениқлаңлар.
7. Плеерни қошқанда ток мәнбәсиниң қисқучлиридики күчинишниң мәнаси 2,8 *B*. Элемент батареялириниң ЭҺКи 3 *B*, ички қаршилиғи 1 *Ом*. Тизмидики ток күчини ениқлаңлар. Ток мәнбәсиниң башқа күчлири 5 *минутта* қанчилик иш орунлайду? Тизминиң ташқи вә ички участкилиридики токниң иши қандақ?

Иҗадий тапшурма

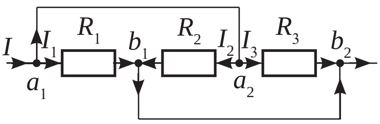
Әхбарат тәйярлаңлар:
«Электр тизмидисидики қисқа қошулушниң сәвәплири билән ақивәтлири».

§ 39. Кирхгоф қанунлири

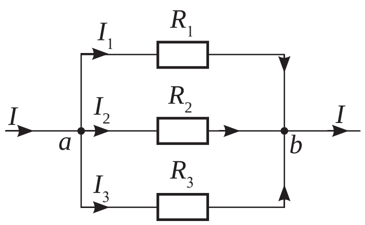
Күтүлидиған нәтиҗә:

Параграфни өзләштүргәндә:

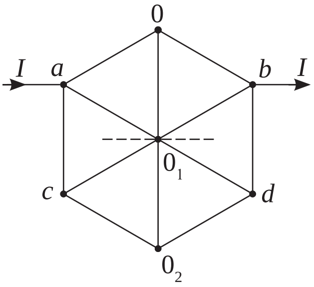
- *Кирхгоф қнунини тармақланған электр тизмисиға пайдилина-лайсиләр.*



***211-сүрәт.** Тармақланған тизминиң схемиси*



***212-сүрәт.** 211-сүрәттики тизмиға эквивалент тизма схемиси*



***213-сүрәт.** 0, 0_1, 0_2 потенциаллиқ чекитлиригә тәң симметриялик тизминиң схемиси*

I. Тармақланған тизма қаришилиқлирини һесаплаш. Бирдәк потенциаллиқ түгүнләр.

Электр тизмилар тармақланған вә тармақланмиған болиду. Тармақланмиған тизминиң һәммә участкилирида тизма элементлирини пәйдин-пәй қошқанда бирдәк ток мақиду. Тармақланған тизмида өткүзгүчләрни пәйдин-пәй вә параллель қошушлар учришиду, тизма элементлирини қошуш арилаш болиду.

Тармақланған тизмилар үчүн мундақ уқумлар қоллинилиду: тармақ, түгүн, контур.

Тармақ – бирдәк токниң өтидиған тизма участкиси, у пәйдин-пәй қошулған өткүзгүчләрдин вә ток мәнбәсидин туриду.

Түгүн – үч яки униңдиндин көп тармақларниң қошулған орни.

Контур – һәрқандақ тизма элементлириниң туюқ қошулуши, уни бирнәччә тармақлири бойичә айлинип өтүшкә болиду.

Мурәккәп тармақланған тизмиларниң қаршилиқлирини һесаплашта төвәндики қаидиләр қоллинилиду:

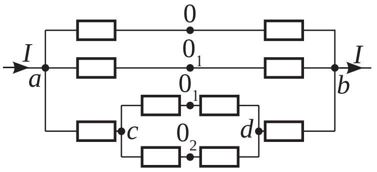
- бирдәк потенциаллиқ чекитләрни бир түгүнгә тартишқа болиду;
- бир түгүнгә тартилған тармақларни тармақланған тизминиң симметрия сизиқлирида ажритишқа болиду;
- бирдәк потенциаллиқ түгүнләргә қошулған өткүзгүчләр токқа қаршилиқ һасил қилмайду, тизминиң умумий қаршилиғини һесаплашта уларни инавәткә алмисиму болиду.

Көрситилгән қаидиләрни пайдилиниш тизмини бираз қисқартиду, бу чағда тизма тармақлиридики токлар бурункидәк болуп қалиду.

211-сүрәттә көрситилгән тизма участкисиниң қаршилиғини ениқлайли. Схемида төрт түгүн a_1, a_2, b_1, b_2 көрситилгән. a_1 вә a_2 түгүнлириниң потенциаллири тәң, улар өзара сим билән бағлинишқан, қаршилиқни инавәткә алмисиму болиду. b_1 вә b_2 чекитлириму бирдәк потенциалға егә. Қаршилиғи интайин аз симларниң узунлуқлирини қисқартип, икки түгүнлүк қисқартилған схема алимиз. Тизма өткүзгүчләрниң параллель қошулушидин туриду. *(212-сүрәт).*

213-сүрәттә көрситилгән симдин ясалған фигурида бирдәк потенциаллиқ 0, 0_1, 0_2 чекитлири

симметрия оқи бойида орунлашқан, демәк $0_1 0_2$ вә $0_1 0_2$ симлири арқилиқ ток маңмайду, уларни елип ташлап, 0_1 түгүнини токниң йөнилиши бойичә ажритишқа болиду. 214-сүрәттә көрситилгән эквивалентлиқ схемини алимиз. Мундақ тизмида һесаплашлар өткүзгүчләрни пәйдин-пәй вә параллель қошуш формулилири арқилиқ жүргүзүлиду.



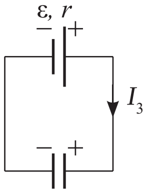
214-сүрәт. *213-сүрәттики тизмиға эквивалентлиқ тизма схемиси*

Жавави қандақ?

Немишкә тизминиң умумий қаршилиғини һесаплиғанда өткүзгүчниң қаршилиғи инавәткә елинмайду?

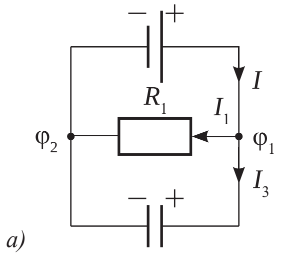
II. Турақлиқ ток тизмисидики индуктивлиқ катушка вә конденсатор

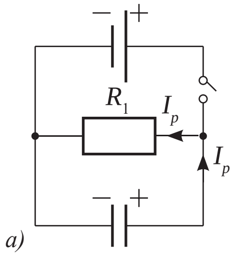
Индуктивлиқ катушкиниң актив қаршилиғи аз $R_L \to 0$. Уни турақлиқ ток мәнбәсигә қошқанда қисқа қошулуш орунлиниду. Катушка қаршилиғи уни тизмиға қошқан вә ажратқан чағда ашиду, бу чағда ток күчи ашиду яки кемийду, тизмида өзлүк индукция һадиси байқилиду.



215-сүрәт. *$U_c = ε$ турақлиқ ток мәнбәсидин конденсаторниң зарядлиниши*

Конденсатор диэлектрик арқилиқ ажритилған икки өткүзгүч пластина болуп тепилиду. Конденсаторни турақлиқ ток мәнбәсигә қошқанда тизмида зарядлиниш токи пәйда болиду. Конденсаторлар орамлири арисидики потенциаллар айримиси ток мәнбәсиниң ЭһК тәң болғанда ток тохтайду. *(215-сүрәт)*. Тармақланған тизмида конденсатор өзи қошулған түгүнлар арисидики потенциаллар айримисиғичә зарядлиниду *(216, а-сүрәт)*. Ток мәнбәсидин ажритилғандин кейин у толуқ разрядланғичә туюқ контурда ток пәйда қилиду *(216, ә-сүрәт)*.





216-сүрәт. *а) зарядлиниш режимидики конденсатор $U_c = φ_1 - φ_2$; ә) зарядниң пүтүш режимидики конденсатор*

III. Кирхгоф қанунлири

Мурәккәп тизмиларни, мәсилән ЭһК һәрхил бирнәччә ток мәнбәсидин туридиған тизмиларни, Кирхгоф қанунлири асасида һесаплайду.

Кирхгофниң биринчи қануни зарядниң сақлиниши қанунининң ақивәтлири болуп тепилиду, у бойичә өткүзгүчниң бирму чекитидә заряд жиғилмиши вә йоқап кәтмиши керәк:

Түгүндә жиғилидиған ток күчиниң алгебрилиқ қошундиси нөлгә тәң.

$$\sum_{i=1}^{n} I_i = 0 .$$

Әгәр ток түгүнгә кирсә, у чағда ток күчини миқдари бойичә иҗабий дәп алиду, әгәр түгүндин чиқиватса, у чағда сәлбий дәп алиду.

Кирхгофниң иккинчи қануни Ом қанунниң умумлиниши болуп тепилиду:

Һәрқандақ туюқ контурдики күчинишниң чүшүшиниң алгебрилиқ қошундиси мошу контурдики ток мәнбәлириниң ЭҺКлириниң қошундисиға тәң.

$$\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_1 = \sum_{i=1}^{n} I_i R_i ,$$

Бу йәрдә *k* – ток мәнбәсиниң сани, *n* – өткүзгүчләрниң сани

IV. Кирхгоф қанунлирини пайдилинип, һесап чиқириш алгоритми

Алгоримни пайдилиниш тизмини характерләйдиған асасий миқдар үчүн йезилидиған формулиларниң йезилишини йениқләштүриду:

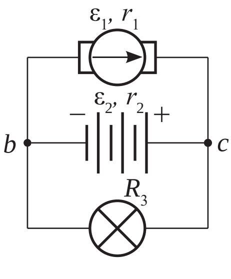
1. Тизма схемиси бойичә һәрқандақ йөнилиштә контурлуқ токлар йөнилишини таллайду вә тармақлардики токлар йөнилишини көрситиду.
2. Түгүнләр үчүн Кирхгофниң биринчи қанунини язиду, әгәр тизма *n* түгүндин турса, у чағда токлар н *n* – 1 тәңлимиси қураштурулиду.
3. Кирхгофниң иккинчи қанунини пайдиланғанда, тәңлимә қурулидиған һәрбир йеңи контурға алдинқи контурларға киридиған әң болмиғанда бир йеңи тармақ кириши керәк.
4. Әгәр резистор арқилиқ маңидиған ток йөнилиши контурлуқ ток йөнилиши билән дәл кәлсә, у чағда резистордики күчинишни иҗабий дәп һесаплайду вә әксинчә: әгәр резистор арқилиқ өтидиған ток йөнилиши контурлиқ ток йөнилиши билән дәл кәлмисә, у чағда униңдики күчинишиниң чүшүши сәлбий болиду.
5. Әгәр ток мәнбәсиниң ЭҺК контурни айлинип өтүш йөнилиши бойичә потенциални арттуридиған болса, у чағда униң мәнаси иҗабий дәп қобул қилиниду. Бу һаләттә ток мәнбәсиниң айлинип өтүши ток мәнбәсиниң сәлбий полюсидин иҗабий полюсиға қарап өтиду. Әкси һаләттә – ЭҺК сәлбий дәп һесаплиниду.
6. Әгәр ток күчи үчүн сәлбий нәтиҗә елинса, у чағда мошу участкидики ток йөнилиши таллавелинған йөнилишкә қариму-қарши.

Әстә сақлаңлар!

Әгәр ток күчи үчүн сәлбий нәтиҗә елинса, у чағда токниң йөнилиши мошу участкида қариму-қарши йөнилиштә болиду.

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

ЭҺК ε_1 = 12 *В* вә ички қаршилиғи r_1 = 0,1 *Ом* турақлиқ ток генераторини ЭҺК ε_2 = 10 *В* вә ички қаршилиғи r_2 = 0,5 *Ом* аккумлятор батареяси билән зарядләйду *(1-сүрәт)*. Батареягә параллель қаршилиғи R_3 = 3 *Ом* шам қошулған. Аккумулятор батареяси билән шамдики токни ениқлаңлар.

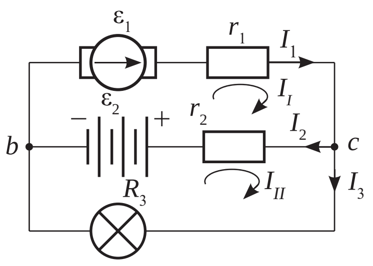


1-сүрәт

Берилгини:
$\varepsilon_1 = 12\ В$
$r_1 = 0,1\ Ом$
$\varepsilon_2 = 10\ В$
$r_2 = 0,5\ Ом$
$R_3 = 3\ Ом$

Тепиш керәк:
I_2, I_3 – ?

Йешилиши:
Токлар билән ЭҺК бәлгүләнгән эквивалентлиқ схема сизайли. Ток йөнилишини 2-сүрәттә көрситилгәндәк дәп алайли. Берилгән һесапни Кирхгоф қанунлирини пайдилинип йешимиз. I вә II контурларни саат тили йөнилиши билән айлинип өтәйли. *c* түгүни үчүн Кирхгофниң биринчи қанунини пайдилинимиз:



2-сүрәт.

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \text{ яки}$$

$$I_1 = I_2 + I_3 \qquad (1)$$

I контур үчүн Кирхгофниң иккинчи қанунини пайдилинимиз:

$$I_1 r_1 + I_2 r_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \qquad (2)$$

II контур үчүн

$$I_2 r_2 + I_3 r_3 = \varepsilon_2 \qquad (3)$$

(1) вә (2) тәңлиримилирини биргә йешип, мундақ ипадә алимиз: $I_2(r_1 + r_2) + I_3 r_1 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$

буниңдин $$I_3 = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) - I_2(r_1 + r_2)}{r_1}. \qquad (4)$$

Елинған ипадин (3) кә қоюп, монуни алимиз

$$\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) - I_2(r_1 + r_2)}{r_1} R_3 - I_2 r_2 = \varepsilon_2,$$

буниңдин $$I_2 = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)R_3 - \varepsilon_2 r_1}{(r_1 + r_2)R_3 + r_1 r_2}$$

$$I_2 = \frac{(12 - 10)\cdot 3 - 10\cdot 0,1}{(0,1 + 0,5)\cdot 3 + 0,1\cdot 0,5} = 2,7(A).$$

Елинған I_2 токиниң миқдарини (4) формулиға қоюп, I_3 тапимиз:

$$I_3 = \frac{(12 - 10) - 2,7\cdot(0,5 + 0,1)}{0,1} = 3,8(A).$$

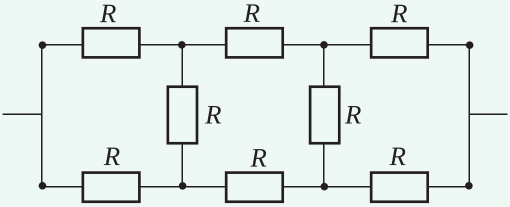
Җаваби: $I_2 = 2,7\ A$, $I_3 = 3,8\ A$

Тәкшүрүш соаллири

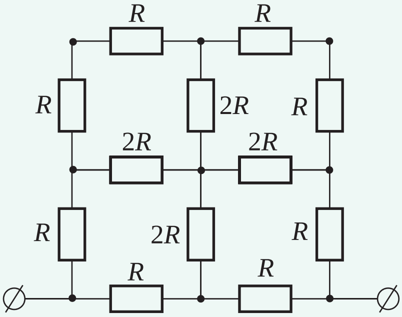
1. Тармақланған тизмидики түгүн, тармақ, контур дегән немә?
2. Тармақланған тизмидиниң умумий қаршилиғини қандақ ениқлайду?
3. Кирхгофниң қанунлирини тәрипләңлар.
4. Қандақ шәрт орунланғанда ток мәнбәсиниң ЭҺКси иҗабий бәлгүлүк болиду? Қандақ һаләттә сәлбий болиду?
5. Қандақ һаләттә қаршилиққа күчинишниң чүшүши сәлбий, қандақ һаләттә иҗабий?

Көнүкмә 39

1. Әгәр $R = 9$ *Ом* болса, у чағда 217-сүрәттә тәсвирләнгән тизминиң умумий қаршилиғи қандақ?
2. Әгәр $R = 5$ *Ом* болса, у чағда 218-сүрәттә тәсвирләнгән тизминиң умумий қаршилиғи қандақ?

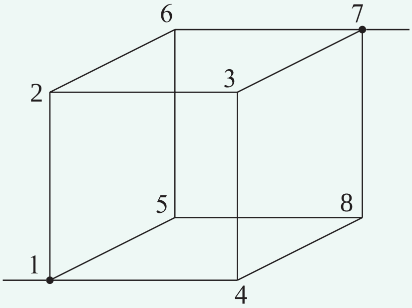


217-сүрәт. *39-көнүкминиң 1-һесавиға*

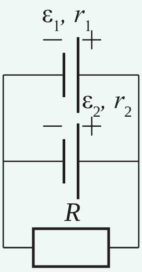


218-сүрәт. *39-көнүкминиң 2-һесавиға*

3. Куб шәкиллик *(219-сүрәт)* сим каркасниң тизминиң 1 вә 7 чекитлириниң арисини қошқан вақиттики қаршилшиғини ениқлаңлар. Каркасниң һәрбир қириниң қаршилиғи $R = 0{,}3$ *Ом.*

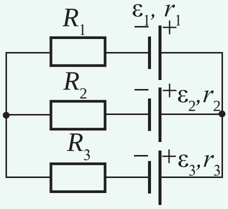


219-сүрәт. *39-көнүкминиң 3-һесавиға*



220-сүрәт. *39-көнүкминиң 47-һесавиға*

4. ЭҺК $\varepsilon_1 = 10$ *В* вә $\varepsilon_2 = 8$ *В* вә ички қаршилиғи $r_1 = 1$ *Ом* вә $r_2 = 2$ *Ом* икки батарея 220-сүрәттә тәсвирләнгәндәк қаршилиғи $R = 6$ *Ом* резистор билән пәйдин-пәй қошулған. Резистор арқилиқ өтүватқан ток күчини тепиңлар.
5. ЭҺКси $\varepsilon_1 = 1{,}5$ *В*, $\varepsilon_2 = 2$ *В*, $\varepsilon_3 = 2{,}5$ *В* үч батарея 221-сүрәттә тәсвирләнгәндәк резистор қаришилиқлири билән йәни $R_1 = 10$ *Ом*, $R_2 = 20$ *Ом* вә $R_3 = 30$ *Ом* қошулған. R_1 резистори арқилиқ өтидиған ток күчинини ениқлаңлар. Батареяләрниң ички қаршилиқлирини инавәткә алмаңлар.



221-сүрәт. *39-көнүкминиң 5-һесавиға*

§ 40. Электр токиниң иши вә қуввити. Джоуль-Ленц қануни. Ток мәнбәсиниң пайдилиқ иши

Күтүлидиған нәтижә:

Параграфни өзләштүргәндә:

- *мәсилиләрни йешиштә ишни, қуввәтни вә пайдилиқ иш коэффициентини һесаплаш формулилирини пайдиланалайсиләр.*

Әскә чүшириңлар!

Иш – энергияниң бир түрдин иккинчи түргә айлинишиниң өлчими.

Әстә сақлаңлар!

Туюқ электр тизмисида энергияниң түрлиниши икки қетим орунлиниду. Ток мәнбәлиридә электрлик әмәс энергияләр электр энергиясигә айлиниду. Ташқи тизмида электр энергияси қайтидин энергияниң башқа түрлиригә айлинишқа башлайду.

222-сүрәт. *Электр энергиясини һесаплиғучи Қазақстанлиқ мәһсулат, Алмута ш. ("Saiman" ЖЧШ)*

I. Тизмидики турақлиқ токниң иши

Токниң иши зарядләрниң электр мәйдани күчлириниң тәсиридин өткүзгүч бойи билән йөнәлгән һәрикитигә асасланған.

Ток иши – электр мәйдани тошуған зарядниң берилгән өткүзгүч участкисидики күчинишниң көпәйтиндисигә тәң физикилиқ миқдар.

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU \qquad (1)$$

Қандақту бир вақит арилиғида йөткүзүлгән заряд мөлчәри ток күчигә бағлинишлиқ:

$$q = It.$$

Бу ипадини пайдилинип, (1) тәңлимини төвәндики түргә кәлтүримиз:

$$A = UIt. \qquad (2)$$

Тизма участкиси үчүн Ом қануни асасида (2) формулини мундақ түрдә йезишқа болиду:

$$A = I^2Rt \qquad (3)$$

яки

$$A = \frac{U^2}{R}t. \qquad (4)$$

(3) нисбәт өткүзгүчләрни пәйдинпәй қошқан чағда, (4) нисбәт өткүзгүчләрни параллель қошқан чағда ток ишини һесаплашқа қолайлиқ.

II. Ток ишини өлчәш

Ток ишини үч өлчигүчи әсвапни – вольтметр, амперметр вә саатни пайдилинип өлчәшкә болиду. Адәттә ток ишини өлчәш үчүн электр энергиясиниң һесаплиғучи әсвави *(222-сүрәт)* қоллинилиду, у ишниң системидин ташқири өлчәм бирлиги 1 $кВт \cdot с$ билән һесаплашқа асасланған.

Электр энергиясиниң нәркини тарифниң бәлгүлүк мәнаси бойичә мундақ формула билән һесаплайду:

$$Нәрқи = TA,$$

бу йәрдики *Нәрқи* – электр энергиясиниң нәрки, T – тариф – 1 $кВт \cdot с$ энергия нәрки.

1-тапшурма

Электр тизмисида энергияниң икки қетим түрлинишигә мисал кәлтүрүңлар.

III. Ток қувити

Ток қувити – зарядниң орун йөткиши пәйтидики ишниң орунлиниш чапсанлиғини характерләйдиған физикилиқ миқдар.

$$P = \frac{A}{t}. \qquad (5)$$

(2), (3) вә (4) формулиларни (5) ипадигә қоюп, туюқ тизминиң ташқи участкисидики ток қувитини һесаплайдиған формулини алимиз:

$$P = UI; \quad P = \frac{U^2}{R}; \quad P = I^2R. \qquad (6)$$

Толуқ тизма үчүн электр токиниң қувити мундақ болиду:

$$P = \frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2} \cdot R. \qquad (7)$$

Ток қувитини амперметр вә вольтметрниң яки ваттметрниң ярдими арқилиқ ениқлайду. «Медсервис» компаниясиниң заманивий қурали электр тизмисини характерләйдиған алтә өлчәмни – ток күчини, күчинишни, қувәтни, қувәт коэффицентини, тордики (сетьтики) ток чапсанлиғини, жиллиқ қувитини өлчәшкә мүмкинчилик бериду *(223-сүрәт)*.

IV. Ток мәнбәсиниң иши билән қувити

Тизмидики толуқ иш – башқа күчләрниң иши, у мундақ болиду:

$$A_{б.к.} = q\varepsilon \text{ яки } A_{б.к.} = I\varepsilon t.$$

Толуқ тизма үчүн Ом қанунини инавәткә елип, $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ келәси ипадини алимиз:

$$A_{б.к} = \frac{\varepsilon^2}{R+r} \cdot t \quad \text{яки } A_{б.к.} = I^2(R + r)t.$$

Тизминиң толуқ қувитини мону формулилар бойичә ениқлашқа болиду:

$$P_{тол} = \frac{A_{б.к}}{t}, \; P_{тол.} = I\varepsilon, \; P_{тол} = \frac{\varepsilon^2}{R+r}, \; P_{тол.} = I^2(R + r).$$

3-тапшурма

Электр мәнбәсиниң ишини вә қувитини һесаплайдиған формулини башқа күчләрниң иши билән қувитини һесаплайдиған формула билән селиштуруңлар. Айримичилиғи қандақ?

2-тапшурма

Өзәңлар трушлуқ йәрлириңларда электр энергиясиниң қандақ төләм тарифлири бар екәнлигини ениқлаңлар. Немишкә энергияни көп пайдиланғансери баһасиму өсиду?

Әскә чүшириңлар!

Электр токи ишиниң өлчәм бирлиги – джоуль
1 *Дж* = 1 *В* · 1 *А* · 1 *сек* = = 1 *Вт·сек*. Электр токи ишиниң системидин ташқири өлчәм бирлигиниң Джоуль билән бағлиниши:
1 *Вт* · *сек* = 1 *Дж*,
1 *Вт* · *с* = 3600 *Дж*,
1 *кВт·с* = 3600000 *Дж* = = 3,6 *МДж*.
Қувәтниң өлчәм бирлиги – ватт:
[*P*] = 1 *Вт* = 1 *А* · 1 *В*.

223-сүрәт. *Қазақстанда чиқирилидиған ваттметр әсвави. Алмута ш.*

V. Ток мәнбәсиниң ПИКи

Пайдилиқ иш коэффициенти – пайдилиқ ишниң толуқ ишқа нисбити. Электр тизмиси үчүн пайдилиқ иш – электр мәйданиниң иши, толуқ иш – башқа күчләрниң иши, шу чағда мундақ нисбәт:

$$\eta=\frac{A}{A_{б.к}}=\frac{UIt}{\varepsilon It}=\frac{P}{P_{тол}}=\frac{U}{\varepsilon}=\frac{IR}{I(R+r)}=\frac{R}{R+r},$$

ПИКни һесаплашни төвәндики формулиларниң һәркайсиси арқилиқ жүргүзүшкә болиду:

$$\eta=\frac{A}{A_{б.к}},\ \eta=\frac{P}{P_{тол}},\ \eta=\frac{U}{\varepsilon},\ \eta=\frac{R}{R+r}.$$

VI. Джоуль-Ленц қануни

Өткүзгүчтә бөлүнидиған иссиқлиқ мөлчәри өткүзгүч арқилиқ өтидиған ток күчиниң квадратиға, өткүзгүч қаршилиғиға вә тизминиң иш орунлаш вақтиға тоғра пропорционал.

$$Q=I^2Rt \qquad (8)$$

Тизмида токниң пәқәт иссиқлиқ тәсирила байқалғанда, иссиқлиқ мөлчәри иш охшаш энергияниң сақлиниш қануниға қарши болмайду. Джоуль-Ленц қанунидин төвәндики ипадә чиқиду, өткүзгүчләрни пәйдин-пәй қошулғанда әң көп иссиқлиқ мөлчәри қаршилиғи жуқири өткүзгүчтә бөлүниду:

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{R_1}{R_2}.$$

Өткүзгүчләр параллель қошулғанда, улардики ток күчи һәрхил, шуңлашқа мону формулини пайдиланған қолайлиқ:

$$Q=\frac{U^2}{R}t.$$

Униңда өткүзгүчләрдә бөлүнидиған иссиқлиқ мөлчәри уларниң қаршилиқлириға экси пропорционал:

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{R_1}{R_2}.$$

Елинған нисбәттин қувәтлик әсвапларниң қаршилиғи аз болуши келип чиқиду. Өткүзгүчләр параллель қошулғанда әң көп иссиқлиқ мөлчәри қаршилиғи аз өткүзгүчтә бөлүниду.

Җавави қандақ?

1. *Ток мәнбәсиниң ПИК немишкә 100%-дин артуқ болмайду?*
2. *Немишкә электротехникида ток мәнбәсиниң ички қаршилиғини ташқи тизминиң қаршилиғиға нисбәтән азайтишқа тиришиду?*

Әскә чүшириңлар!

8-синип курсидин тизмидики ток тәсири Джоуль-Ленц қануниға бағлиқ пәйда болидиғанлиғи бәлгүлүк. Бу қанун бири-биридин мустқәли тәҗрибә маңғузуп, бирдәк хуласигә кәлгән инглиз алими Д.Джоуль вә рус алим Э.Ленцниң һөрмитигә аталған.

Җавави қандақ?

1. *Немишкә ташқи тизминиң қаршилиғини бираз ашурғанда ток қуввити кемийду?*
2. *Немишкә жуқури қувәттә ишләйдиған шам пәйдин-пәй қошулған тизмида сус йениду?*
3. *Немишкә су қайнатқучни (кипятильник) ток мәнбәсиг қошуп, суға салмисақ көйүп кетиду?*

Әстә сақлаңлар!

Қувәтлик әсвапларниң қаршилиқлири аз болиду.

Тәкшүрүш соаллири

1. Толуқ тизма үчүн энергияниң қандақ түрлириниши маңиду?
2. Электр токиниң иши билән қувити қандақ ениқлиниду?
3. Токниң иши билән қувитини қандақ әсваплар билән өлчәйду?
4. Тизминиң ички вә сиртқи қаршилиқлириниң қандақ нисбитидә униң ташқи бөлигидә ток қувити әң чоң мәнаға егә болиду? Мундақ режимлиқ иш мәнбәсини қайәрдә пайдилинилиду?
5. Тизмидики толуқ иш немигә тәң?
6. Электр тизмисиниң ПИКи қандақ ениқлиниду?
7. Өткүзгүчләр пәйдин-пәй қошулғанда өткүзгүчләрниң қайсисида бөлүнидиған иссиқлиқ мөлчәри көп болиду? Параллель қошқандичу?

Көнүкмә 40

1. Әгәр шамдики ток $I = 0{,}5$ А, күчиниш $U = 220\ B$ болса, $t = 1\ c$ вақит арилиғида электр шаминиң қил сими қандақ иссиқлиқ мөлчәрини бөлиду?
2. Әгәр тизминиң күчиниши $U = 220\ B$, ток күчи $I = 8\ A$ болса, чөгүндики һәҗими $V = 1\ л$ суни $t_1 = 20°C$ температуридин қайнитишқичә уни қанчә вақит қиздуруш керәк?
3. Электр плитисиниң бир-бири билән параллель қошулған, һәрбириниң қаршилиғи $R = 120\ Ом$ үч спирали бар. Плитиниң қаршилиғи $R = 50\ Ом$ резистор билән пәйдин-пәй қошиду. Плиткиниң бир спирали көйүп кәткәндә сүйи бар чөгүнни қайнитиш үчүн вақит қандақ өзгириду?
4. Қуввити $P = 500\ Вт$ шам $U_0 = 220\ B$ күчинишкә һесапланған. Шамниң қувитини өзгәртмәй, шамни $U = 220\ B$ болидиған тизмиға қошушқа мүмкинчилик яритидиған қошумчә қаршилиқни ениқлаңлар.
5. Электр су қайнатқучниң икки орими (обмоткиси) бар. Уларниң бирини қошқанда качидики су $t_1 = 5$ *мин*-та қайнайду, иккинчисини қошқанда болса $t_2 = 15$ *мин* кейин қайнайду. Әгәр униң икки оримини а) пәйдин-пәй; б) параллель қошса, су қанчә вақиттин кейин қайнайду?
6. Қаршилиғи R резисторни ток мәнбәсигә қошулғанда униң ПИК $\eta = 20\%$. Мошундақ резисторларни қошқан чағда қувәт әң жуқури мәнаға егә болуш үчүн, мундақ резисторларниң нәччисини елиш керәк вә уларни қандақ қошуш керәк?
7. Әгәр қисқа қошулуши токи $I = 1\ A$ болса, тизмидики ток күчи $I = 0{,}8\ A$ болғанда ток мәнбәсиниң ПИК қандақ?

11-бапниң йәкуни

Электр тизмисини характерләйдиған миқдарлар	Турақлиқ ток қанунлири	
Ток күчи $I=\frac{\Delta q}{\Delta t}$, $\Delta q = \lvert q_0 \rvert N$ Ток зичлиғи $j=\frac{I}{S}$. Қаршилиқ $R=\rho\frac{l}{S}$. Күчиниш $U=\frac{A}{q}$ Электр һәрикәтләндүргүчи күч $\varepsilon=\frac{A_{б.к}}{q}$.	Тизма участкиси үчүн Ом қануни $I=\frac{U}{R}$ $I=\frac{U\pm\varepsilon}{R+r}$. Толуқ тизма үчүн Ом қануни $I=\frac{\varepsilon}{R+r}$ $\varepsilon = U_r + U_R$ Қисқа қошулуш токи $I_{қ.қ.} = \frac{\varepsilon}{r}$.	Қисқа қошулуш токи $\sum_{i=1}^{n} I_i = 0$ $\sum_{i=1}^{k} \varepsilon_i = \sum_{i=1}^{n} I_i R_i$. Джоуль-Ленц қануни $Q = I^2Rt$
Өткүзгүчләрни қошуш вақтидики миқдарларниң нисбити		**Ток мәнбәсилирини қошуш**
пәйдин-пәй	**параллель**	
$I_{умум.} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$ $U_{умум.} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ $R_{умум.} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ $R_{умум.} = nR$ $\frac{U_1}{U_2}=\frac{R_1}{R_2}$	$I_{умум.} + I_1 + I_2 + \dots + I_n$ $U_{умум.} = U_1 = U_2 = \dots = U_n$ $\frac{1}{R_{умум.}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\dots+\frac{1}{R_n}$ $R_{умум.}=\frac{R}{n}$; $R=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$ $\frac{I_1}{I_2}=\frac{R_2}{R_1}$	пәйдин-пәй $\varepsilon_{умум.} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n$ $r_{умум.} = r_1 + r_2 + \dots + r_n$ параллель $\varepsilon_{умум.} = \varepsilon_1$ $r_{умум.}=\frac{r}{n}$
Ток вә башқа күчләрниң иши	**Ток қуввити**	**ПИК**
Ток иши $A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$ $A = UIt$ $A = I^2Rt$ $A=\frac{U^2}{R}t$ Башқа күчләрниң иши $A_{б.к.} = q\varepsilon$ $A_{б.к.} = I\varepsilon t$	Ток қуввити $P=\frac{A}{t}$, $P = UI$ $P=\frac{U^2}{R}$, $P = I^2R$ $P=\frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2}\cdot R$ Тизминиң толуқ қуввити $P_{умум.}=\frac{A_{б.к}}{t}$, $P_{умум.} = I\varepsilon$, $P_{умум.}=\frac{\varepsilon^2}{R+r}$, $P_{умум.}=I^2(R+r)$.	$\eta=\frac{A}{A_{б.к}}$, $\eta=\frac{P}{P_{тол}}$, $\eta=\frac{U}{\varepsilon}$, $\eta=\frac{R}{R+r}$

Қанунлар, қаидиләр

Тизма участкиси үчүн Ом қануни: тизмидики ток күчи шу участкидики күчинишкә тоғра пропорционал вә қаршилиққа әкси пропорционал.

Толуқ тизма үчүн Ом қануни: тизмидики ток күчи ток мәнбәсиниң ЭҺКгә тоғра пропорционал, сиртқи вә ички қаршилиқлириниң қошундисиға әкси пропорционал.

Джоуль-Ленц қануни: өткүзгүчтә бөлүнидиған иссиқлиқ мөлчәри өткүзгүч арқилиқ өтидиған ток күчиниң квадратиға, өткүзгүч қаршилиғиға вә тизминиң иш орунлаш вақтиға тоғра пропорционал.

Фарадейниң биринчи қануни: электролиз вақтида электродтин бөлүнүп чиқидиған маддиниң массиси электролит арқилиқ тошулған зарядқә тоғра пропорционал болиду.

Фарадейниң иккинчи қануни: маддиларниң электрохимиялик эквиваленти уларниң химиялик эквивалентлириға тоғра пропорционал.

Кирхгоф қаидиси:

- Түгүндә жиғилидиған ток күчиниң алгебрилиқ қошундиси нөлгә тәң.
- Һәрқандақ туюқ контурдики күчинишиниң чүшүшиниң алгебрилиқ қошундиси мошу контурдики ток мәнбәлириниң ЭҺКлириниң қошундисиға тәң.

Глоссарий

Адәттин ташқири өткүзгүчләр – адәттин ташқири өткүзгүчлүк һаләттики җисимлар.

Адәттин ташқири өткүзгүчлүк – электр қаршилиғи нөлгә йеқин болидиған өткүзгүчниң һалити.

Контур – һәрқандақ тизма элементлириниң туюқ қошулуши, уни бирнәччә тармақлири бойичә айлинип өтүшкә болиду.

Қошулмилиқ өткүзгүчлүк – акцепторлуқ яки донорлуқ қошулмилиқ йерим өткүзгүчтики өткүзгүчлүк.

Қошумчә қаршилиқ – тизма участкисиға пәйдин-пәй қошулған өткүзгүч.

Өткүзгүчниң хас қаршилиғи – узунуғи 1 *м* тоғра қийлмисиниң мәйдани 1 $м^2$ өткүзгүчниң қаршилиғи.

Тармақ – бир токниң өтидиған тизма участкиси, у пәйдин-пәй қошулған өткүзгүчләрдин вә ток мәнбәсидин туриду.

Термистор – қаршилиғи температуриға бағлинишлиқ болидиған йерим өткүзгүчлүк резистор.

Тизмидики түгүн – үч яки униңдин көп өткүзгүчләрниң қошулған орни.

Ток зичлиғи – ток күчиниң өткүзгүчниң тоғра қийилмисиниң мәйданиға болған нисбитигә тәң физикилиқ миқдар.

Ток иши – электр мәйдани тошуған зарядниң берилгән өткүзгүч участкисидики күчинишкә көпәйтиндисигә тәң физикилиқ миқдар.

Ток күчи – бирлиқ вақитта өткүзгүчниң тоғра қийилмиси арқилиқ өтидиған заряд мөлчәригә тәң миқдар.

Ток қувити – зарядниң орун йөткәш пәйтидики ишниң орунлиниш чапсанлиғини характерләйдиған физикилиқ миқдар.

Фоторезистор – қаршилиғи йоруқлинишқа бағлинишлиқ болидиған йерим өткүзгүчлүк резистор.

Электр һәрикәтләндүргүчи күч – бирлик зарядни тошушта башқа күчләрниң атқуридиған ишиға тәң физикилиқ миқдар.

Электр токи – электр зарядләрниң йөнәлгән һәрикити.

Электрохимиялик эквивалент – электролит арқилиқ бирлик заряд өткәндә электродта маддиниң қандақ массиси бөлүнидиғанлиғини көрситидиған физикилиқ миқдар.

ЭЛЕКТР ВӘ МАГНЕТИЗМ

3

12-БАП

ҺӘРХИЛ МУҺИТЛАРДИКИ ЭЛЕКТР ТОКИ

Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:

- металлардики электр токини характерләш вә қаршилиқниң температуриға бағлиқлиғини анализ қилишни;
- жуқарқи температуридики адәттин ташқири өткүзгүчлүккә егә маддиларни елиш перспективилирини анализ қилишни;
- йерим өткүзгүчләрдики электр токини характерләшни вә йерим өткүзгүчлири бар әсвапларни пайдилинишни чүшәндүрүшни;
- қиздурғуш лампилириниң, резисторниң вә йерим өткүзгүч диодниң вольт-амперлиқ характеристикисини тәкшүрүш;
- электролитлардики электр токини характерләшни вә һесаплар чиқиришта электролиз қанунини пайдилинишни;
- электролиз жәриянида электронниң зарядини экспериментлиқ түрдә ениқлашни;
- вакуумдики вә газлардики электр токини характерләшни;
- электрон-шолилиқ нәйчисиниң иш ишләш принципини вә пайдилинишни чүшәндүрүшни үгинисиләр.

§ 41. Металлардики электр токи. Адәттин ташқири өткүзгүчлүк

Кутүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *металлардики электр токини характерләшни вә қаршилиқниң температуриға бағлиқлиғини анализ қилишни билисиләр; жуқури температуридики адәттин ташқири өткүзгүчлүккә егә маддиларни елиш перспективилирини анализ қилишни билисиләр.*

Әскә чүшириңлар!

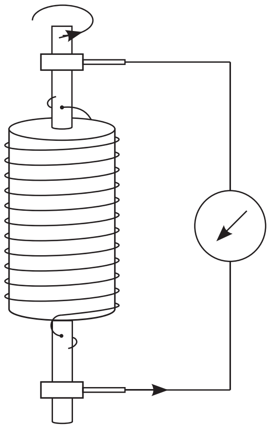
Металларда заряд тошиғучилар – электронлар.

I. Металлардики заряд тошиғучиларни тәҗрибә йүзидә ениқлаш

1901-жили немис физиги К.Рикке мундақ тәҗрибә жүргәзди: трамвай линиялирини ток билән тәминләйдиған асасий өткүзгүчләргә массилири бәлгүлич үч цилиндрни бир-биригә пәйдин-пәй қошти. Икки четидики мистин, оттурисидики алюминийдин ясалған. Бир жил ичидә цилиндрлар арқилиқ 3,5 *МКл* мөлчәридә заряд өтти, цилиндрларниң қошулған йәрлиридә мадда алмишиш байқалмиди. Демәк, металлардики атомлар билән молекулилар заряд тошушқа қатнашмиған, ток металларниң барлиғиға умумий электронларниң һәрикитиниң нәтиҗисидә жүргән.

Металлардики ток электронларниң һәрикитигә бағлиқ екәнлигини америкилиқ алимлар Р.Толмен билән Т.Стюарт испатлиған. Улар 1913-жили орус алимлири С.Л.Мандельштам билән Н.Д.Папалекси жүргәзгән тәҗрибилириниң усулини йеңилаш арқилиқ 1916-жили ток тошиғучилириниң хас зарядини ениқлиди. Тәҗрибә төвәндикигә асасланған: учлири гальванометрға қошулған айлиниватқан соленоидни силҗиғучи контакти арқилиқ туюқлиған вә бирдин тохтитишқа асасланған *(223-сүрәт)*. Соленоид тоқтиғанда гальванометр токниң импульсини бәлгүләп туриду. Орам узунуғи 500 *метр*, сизиқлиқ айлиниш илдамлиғи 500 *м/сек* болғанда соленоидниң ярдими билән ток тошиғучиларниң электронларға мувапиқ келидиған хас зарядини жуқури дәллик билән ениқлаш мүмкин болди:

$$\frac{q}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{Кл}{кг}$$



223-сүрәт. *Р.Толмен билән Т.Стюарт тәҗрибисини жүргүзүшниң принциплиқ схемиси*

II. П. Друде вә Х. Лоренцниң өткүзгүчлүкниң электронлуқ нәзәрийәси

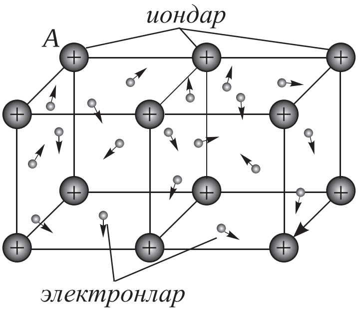
Металлардики ток тошиғучилар ретидә әркин электронлар тоғрилиқ чүшәнчилиридин 1900-жили П.Друде металларниң электр өткүзгүчлигиниң классикилиқ нәзәрийәсини ясап чиқти, бу нәзәрийәни кейин Х.Лоренц йеңилиди.

Друде-Лоренц классикилиқ нәзәрийәсигә мувапиқ, кристаллиқ торларниң түзүлүши вақтида атомлар билән начар бағлинишқан валентлиқ электронлар бошап чиқиду, улар өткүзгүчниң барлиқ һәҗими бойичә хаослуқ һәрикәтлиниду.

П.Друдениң электронлук нәзәрийәсидики асасий қаидиләр:

1. Металлар әркин электронларниң чоң концентрациясиниң 10^{28}–10^{29} $м^{-3}$ арилиғида жуқури электр өткүзгүчлүккә егә.
2. Металлдики электронларниң иссиқлиқ һәрикити идеал газ молекулилиринин һәрикитигә охшайду. Металлдики әркин электронларниң концентрацияси деңиз бетидин нормал шараиттики атмосферидики һава молекулилириниң концентрациясидин 10^{25} $м^{-3}$ артуқ.

П.Друде «электронлуқ газ» чүшәнчисини киргүзди *(224-сүрәт)* вә молекула-кинетикилиқ нәзәрийәни пайдилинип электронларниң иссиқлиқ һәрикитиниң оттура квадратлиқ илдамлиғини ениқлиди:



224-сүрәт. *Металлардики әркин электронлар «электронлуқ газ» түзәйду Әркин электронларниң концентрацияси* 10^{28}*–*10^{29} $м^{-3}$*. Атмосферидики һава молекулилири* 10^{25} $м^{-3}$

$$\frac{m_e v_e^2}{2} = \frac{3}{2}kT,$$

бөлмә температурисида электронларниң илдамлиғи 110 *км/с*-қичә йетиду:

$$v_e = \sqrt{\frac{3kT}{m_e}} \approx 110\,км/с.$$

3. Электронларниң хаослуқ һәрикитигә сиртқи электр мәйдани тәсир қилғанда электронлар рәтлик һәрикәтлинишкә башлайду, электр токи пәйда болиду. Электронларниң йөнәлгән һәрикити бирхил иштикләйдиған һәрикәт болуп тепилиду вә классикилиқ механика қанунлириға бекиниду. Электронларниң λ әркин һәрикәтлиниш узунуғи кристаллиқ торниң периоди билән ениқлиниду.

Өткүзгүчтики ток күчиниң электронларниң дрейф илдамлиғиға бағлиқ екәнлиги (§ 36):

$$I = |e|nSv_{др.} \qquad (1)$$

вә металлардики токниң зичлиғи бәлгүлүк:

$$j = |e|nv_{др.}.$$

4. Электр токиниң тизма бойи билән жуқури илдамлиқта тарилиши электромагнитлиқ мәйданниң тарилиш илдамлиғиға баравәр, у йоруқ илдамлиғиға тәң болиду $3 \cdot 10^8$ *м/сек*.
5. Электронлар ионлар билән әвришим урулушқанда электр мәйданида жиққан энергиялирини толуқ бериду. Бөлүнгән иссиқлиқ энергиянинң нәзәрийәвий һесаплиниши Джоуль – Ленц қануни билән ениқлиниду.

Тапшурма

Ток зичлиғини һесаплаш формулисини пайдилинип, металлардики ток зичлиғиниң максимал мәнаси вақтидики $j = 10^7$ $А/м^2$ электрон дрейфлириниң илдамлиғи тәхминән 1 *мм/с* болидиғанлиғинини испатлаңлар.

III. Өткүзгүч қаршилиғиниң температуриға бағлинишлиғи

Тәжрибә йүзидә хас қаршилиқ билән температура арисидики уттур бағлиниш ениқланған *(225-сүрәт)*:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta t)$$

бу йәрдики ρ_0 – 0°С температуридики өткүзгүчниң хас қаршилиғи, α – қаршилиқниң температурилиқ коэффициенти, Δ*t* – 0°С-қа нисбәтән температуриниң өзгириши.

Қаршилиқниң температурилиқ коэффициенти – 1 К-ға қиздурғанда өткүзгүч қаршилиғиниң өзгиришини көрситидиған физикилиқ миқдар.

ХБС бойичә қаршилиқниң температурилиқ коэффициентиниң өлчәм бирлиги: [α] = 1 K^{-1}.

$R = \rho \frac{l}{S}$ болғанлиқтин, өткүзгүч қаршилиғиниң температуриға бағлинишлиғи мундақ түргә келиду:

$$R = R_0 (1 + \alpha\Delta t).$$

IV. Адәттин ташқири өткүзгүчлүк һадисиси

Бәзибир металларда температура абсолют 0 көрсәткүчигә йеқинлиғанда, уларниң қаршилиғи сәкрәтмә түрдә 0-гичә чүшиду, мәсилән, симап үчүн мундақ температура 4,2 *K (226-сүрәт)*. Электр қаршилиғи нөлгә йеқин өткүзгүчниң һалити адәттин ташқири өткүзгүчлүк дәп атилиду: адәттин ташқири өткүзгүчлүк һалитидики маддилар *адәттин ташқири өткүзгүчләр* дегән намға егә болди.

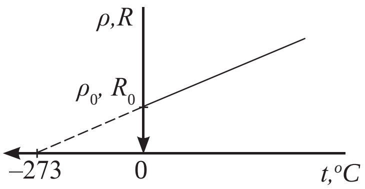
Адәттин ташқири өткүзгүчлүк һадисисини 1911-жили дат алими **Хейке Камерлин-Оннес** ачти.

1957-жили Америка алимлири Л.Купер, Дж.Бардин вә Дж.Шриффер тәстиқлигән адәттин ташқири өткүзгүчлүк нәзәрийәсида адәттин ташқири өткүзгүчләрдә электронлар электр мәйдани тәсиридин кристаллиқ торлар арқилиқ қаршилиқсиз қозғилидиған «куперлиқ жүпләр» тәшкил қилиду, ток күчиниш берилиши тохтитилған һаләттиму йоқалмайду дәп молжаланған. Алимлар адәттин ташқири өткүзгүчлүк (сверхпроводимость) һадисисини тәтқиқ қилип, аддәттин ташқири өткүзгүчлүк токи бәтлик ток болидиғанлиғини ениқлиди. 1986-жили жуқури температуридики адәттин ташқири өткүзгүчләр елинип, лантан вә барийниң оксиди қошулмиси 100 *K* температурида адәттин ташқири өткүзгүчкә айлинидиғанлиғи мәлум болди.

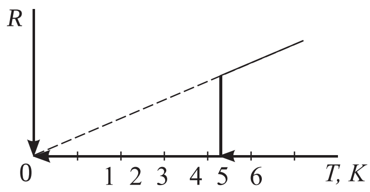
Ахирқи он жиллиқта Америка тәтқиқатчилириниң жуқури температурилиқ адәттин ташқири өткүзгүчләрни елиш ишлирида ейтқидәк алға интилиш байқилиду. 254 *K* (–19°С) температурида таллий асасида синтезланған мурәккәп химиялик арилашмидин адәттин ташқири өткүзгүчлүк эффекти бар пленкилар елинди. Адәттин ташқири өткүзгүчлүкниң әнъәнәвий әмәс эффектиси шуниң билән биллә төмүр арсениди билән мис оксидиниң арилашмилирида байқалди.

Җавави қандақ?

Немә сәвәптин металл өткүзгүч қаршилиғиниң бағлинишлиқ графиги хас қаршилиқниң температуриға бағлиқ графигидин пәриқләнмәйду?



225-сүрәт. *Металлниң хас қаршилиғиниң температуриға бағлинишлиқ графиги*



226-сүрәт. *4,2 K-дин төвән температурида симап адәттин ташқири өткүзгүчкә айлиниду*

Жуқури температурилиқ адәттин ташқири өткүзгүч пленкиларни елиш энергия сақлайдиған электроникиниң йеңи түрлириниң пәйда болушиға елип келиду. Һазирқи заманда адәттин ташқири өткүзгүчләрни МГД генераторларда вә элементар зәрриләрни иштикләткүчлиридә орунлаштуридиған қувәтлик электромагнитларни тәйярлаш үчүн пайдилинилиду. Мундақ түзилмиләрни суюқ гелий билән дайим совутуп туруш һаҗәтлиги уларни тошушта қийинлиққа елип келиду.

Бу қизиқ!

Квантлиқ левитация дәп аталған һадисиси алимларниң қизиқишини арттурмақта. 2013-жил Тель-Ави университети вә Илимий-техникилиқ мәркәзләр ассоциацияси (*ASTC*) адәттин ташқири өткүзгүчләр билән турақлиқ магнитларниң тәсирлишишини тәкшүрүшкә бирнәччә тәкшүрүшләрни жүргәзди. Адәттин ташқири өткүзгүч ретидә әйнәк яки болмиса сапфир тахтисиға майланған иттрий-барий-мис оксиди ($YBa_2Cu_3O_7$) елинди. Адәттин ташқири өткүзгүчниң қелинлиғи 1 мкм болди. Температура –185°C болғанда уни суюқ азотқа чөкүрүш йоли билән адәттин ташқири өткүзгүчкә айналдурди. Адәттин ташқири өткүзгүчниң һәрикити вә турақлиқ магнит билән тәсирлишиши нәтиҗисидә адәттин ташқири өткүзгүчтә индукциялик ток вә униң тәсиридин магнит мәйдани пәйда болиду. Шуниң нәтиҗисидә адәттин ташқири өткүзгүч бошлуқтики өз орнини сақлап қалиду *(227-сүрәт)*.

227-сүрәт. *Адәттин ташқири өткүзгүчниң турақлиқ магниттин ясалған рельслар билән тәсирлишиши*

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Мис өткүзгүч арқилиқ зичлиғи j = 1 *А/мм*^{2} ток өтиду. Мисниң һәр атомиға бир әркин электрондин келиду дәп һесаплап, l_0 = 10 *см* орун йөткигән электронниң маңған йолиниң узунуғини һесапланлар. Мисниң зичлиғи ρ = 8,9 · 10^3 *кг/м*^{3}, мисниң мольлуқ массиси M = 0,064 *кг/моль*. Өткүзгүчниң температуриси t = 27 °C.

Берилгини:	**ХБС**	**Йешилиши:**
$j = 1$ *А/мм*^{2} $l_0 = 0{,}01$ *м* $\rho = 8{,}9 \cdot 10^3$ *кг/м*^{3} $M = 0{,}064$ *кг/моль* $T = 300$ *К* L – ?	$10^6\ \frac{A}{м^2}$	Ток зичлиғи $j = \lvert e\rvert n\upsilon_{др.}$, у чағда электронниң l_0 жирақлиқка орун йөткәш вақти $\Delta t = \frac{l_0}{\upsilon_{др}} = \frac{l_0\lvert e\rvert n}{j}$ болиду. Металлдики электронлариң хаослуқ иссиқлиқ һәрикити: $\upsilon = \sqrt{\frac{3kT}{m_e}}$.

Электронларниң концентрацияси $n = \frac{N}{V} = \frac{mN_A}{MV} = \frac{\rho}{M}N_A$.

Йолниң узунуғи $L = \upsilon\Delta t = \sqrt{\frac{3kT}{m_e}} \cdot \frac{l_0\lvert e\rvert \rho N_A}{Mj}$.

Һесаплашлар жүргүзимиз: $L = \left[\sqrt{\frac{Дж \cdot К}{К \cdot кг}} \cdot \frac{м \cdot Кл \cdot кг \cdot моль \cdot м^2}{м^3 \cdot моль \cdot кг \cdot А}\right] = \left[\frac{м \cdot Кл}{с \cdot А}\right] = [м].$

Санлиқ мәнасини ениқлаймиз:

$$L = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \cdot \frac{0,01 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 8,9 \cdot 10^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{0,064 \cdot 10^6} = 1,5 \cdot 10^9 (м)$$

Җавави: $1,5 \cdot 10^9$ *м*.

Тәкшүрүш соаллири

1. Металларда зарядләрни қандақ зәрриләр тошуйду?
2. П. Друде – Х.Лоренц электронлуқ нәзәрийәсиниң асасий қаидилирини атаңлар.
3. Өткүзгүчниң қаршилиғи температуриға қандақ бағлиқ?
4. Қаршилиқниң температурилиқ коэффициенти дегинимиз немә?
5. Қандақ һадисә адәттин ташқири өткүзгүчлүк дегән намға егә?

Көнүкмә 41

1. Узунлуғи $l = 1$ *м* түз өткүзгүч арқилиқ $I = 10$ *А* ток өтиду. Өткүзгүчтики электронларниң импульслириниң қошундисиниң оттура мәнасини ениқлаңлар. Электрон заряди $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ *Кл,* массиси $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ *кг.*
2. Әгәр һәрбир атомға бир әркин электрондин келиду дәп һесаплисақ, ток зичлиғи $j = 11$ *А/мм*^{2} вақтида мис өткүзгүчниң бойи билән йөнәлгән электронларниң һәрикитиниң оттура илдамлиғини ениқлаңлар.
3. Ток күчи $I = 1$ *А* вақтида тоғра кийилмиси $S = 1$ *мм*^{2} никельдин ясалған өткүзгүчтики электр мәйданиниң күчинишлиги қандақ?
4. Вольфрам симиниң температурилири $t = 0$°С вә $t = 2400$°С вақтида қаршилиқларниң нисбәтлирини һесаплаңлар.
5. Күчиниши бар алюминий симдин ясалған катушкини ериған музға салғанда ток күчи $I_1 = 29$ *мА*, қайниған суға салғанда $I_2 = 20$ *мА* болди. Алюминий қаршилиғиниң температурилиқ коэффициентини ениқлаңлар.
6. Температуриси 0°С-тин 20°С-қа өзгәргәндә орими мис симдин ясалған электромагнитниң пайдилинидиған қувити қанчә процентқа өзгириду?

Иҗадий тапшурма

Берилгән мавзулар бойичә әхбарат тәйярлаңлар (хаһишиңларчә)

1. БКШ (Дж.Бардин, Л.Купен жәнә Дж.Шриффер) нәзәрийәси.
2. Жуқури температурилиқ адәттин ташқири өткүзгүчләр.
3. Адәттин ташқири өткүзгүчләрни пайдилиниш.

§ 42. Йерим өткүзгүчтики электр токи. Йерим өткүзгүч әсваплар

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

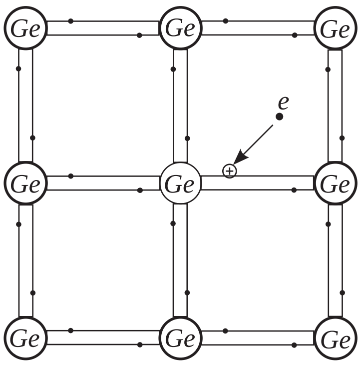
- *йерим өткүзгүчләрдики электр токини характерләшни вә йерим өткүзгүчлүк әсвапларни пайдилинишни чүшәндүрәләйсиләр.*

__15-җәдвәл.__ Маддиларниң хас қаршилиғи

Мадда	Хас қаршилиқ
Өткүзгүч	10^{-7} *Ом · м*
Йерим өткүзгүч	10^{-5} *Ом · м*-дин 10^{8} *Ом · м*-ғичә
Диэлектрик	10^{8} *Ом · м*

Нәзәр селиңлар!

Өзлүк өткүзгүчтә әркин электронлар билән төшүкләр сани бирдәк болиду



228-сүрәт. *Йерим өткүзгүчләрдики энергия тошиғучилар – әркин электронлар вә төшүкләр*

I. Йерим өткүзгүчләр. Йерим өткүзгүчләрдики заряд тошиғучилар. Өзлүк өткүзгүчлүк

Йерим өткүзгүчләр – өзлириниң хас өткүзгүчлиги билән өткүзгүчләр вә диэлектриклар арисидики арилиқ орунға егә болидиған маддилар. Уларниң өткүзгүчләрдин айримчилиғи – йерим өткүзгүчләр хас өткүзгүчлүги қошулмиларниң концентрациясигә, температуриға вә һәр түрлүк шолилиниш түрлириниң тәсиригә бағлинишлиқ. Йерим өткүзгүчләрниң түрлиригә германий, селен, кремний ятиду.

Бөлмә температурисида йерим өткүзгүчтики *әркин электронлар* сани көп әмәс. Йерим өткүзгүчтики электронлар һәрикити уларниң металлдики һәрикитигә охшаш электр мәйдани болмиғанда һәрикәт хаослуқ болиду, сиртқи мәйдан бар болса хаослуқ һәрикәт билән биргә йөнәлгән һәрикәт пәйда болиду. Әркин электронларниң өткүзгүчлигини электрлиқ өткүзгүчлүк яки *n-типлиқ* өткүзгүч дәп атайду.

Рәтләнгән һәрикәттә әркин электронлардин бөләк *бағлинишқан электронлар* болиду. Германий атомлири арисидики электронлар бағлинишиниң тәкшилик схемисини караштурайли *(228-сүрәт).* Сүрәттә атомларниң электронлуқ бағлиниши сизиқлар билән бәлгүләнгән. Германий атоми ядросиниң әтрапида һәрбири хошна атомларниң электронлири билән җүплүк бағлиниш орнитидиған төрт ташқи электрон бар. Әгәр электрон әркин болса, у чағда бу бурунқи бағлиниш аймиғида электрон зарядигә тәң иҗабий зарядниң пәйда болушиға елип келиду, уни *төшүк* дәп атайду. Үзүлгән бағлиниш хошна бағлиниш сизиғидин электрон авушуши билән қайтидин қелпиға келиши мүмкин, бу чағда башқа атомларниң бағлиниш сизиғида төшүк пәйда болиду. Электр мәйдани болған әһвалда төшүкләрниң һәрикити йөнәлгән вә электронлар һәрикитигә кариму-карши йөнилиштә болиду. Төшүкләрниң орун йөткиши асасида пәйда болған өткүзгүчлүк *p*-типлиқ (*positive* – иҗабий) төшүклүк өткүзгүч дәп атилиду. *Шундақ қилип, йерим өткүзгүчләрдә энергия тошиғучилар әркин электронлар вә төшүкләр болуп һесаплиниду.*

Электронлуқ – төшүклүк өткүзгүчлүк дәп йерим өткүзгүчләрниң өзлүк өткүзгүчлүгини атайду.

II. Йерим өткүзгүчләрниң өзлүк өткүзгүчлигиниң температура билән йоруққа бағлиқлиғи. Термисторлар вә фоторезисторлар

> **Термистор дегинимиз – қаршилиғи температуриға бағлинишлиқ йерим өткүзгүч резистор.**

Жавави қандақ?

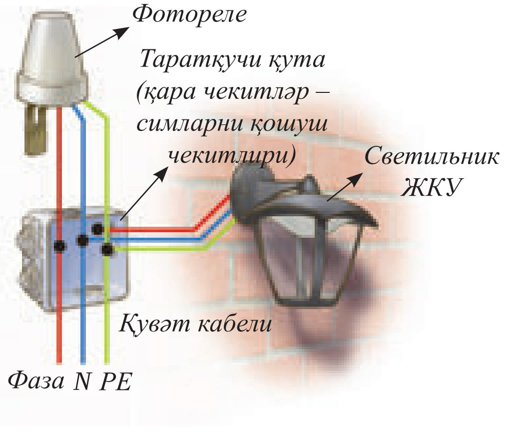
Қоршиған әтрапниң йоруқлиниши билән температуриси өскәндә, немишкә йерим өткүзгүчниң өткүзгүчлиги өсиду?

Термистор термометрниң қобул қилиш бөлиги болуп һесаплиниду. Йерим өткүзгүч термометрларниң артуқчилиғи термистор өзиниң сәзгүрлигини сақлап, миллиметрниң ондин бир бөлигидәк өлчәмгә егә болиду *(229-сүрәт)*. Бу суюқлуқ термометрлири қоллинилмайдиған кичиккинә жисимларниң температурисини өлчәшкә мүмкинчилик бериду. Термистрниң ярдими арқилиқ Кельвинниң миллиондин бир бөлигидә температура өзгиришини ениқлашқа болиду.

Йерим өткүзгүчләрниң өткүзгүчилигиниң йоруқлинишқа бағлинишлиғини фоторезисторларда кәң түрдә қоллиниш электр тизмисини автоматлиқ түрдә башқурушқа имканийәт бериду. 230-сүрәттә кочини йоруқлаш^турушни автоматлиқ түрдә башқурушқа беғишланған фоторезисторлири бар тизма тәсирләнгән.

Фоторезистор – қаршилиғи йоруқлинишқа бағлиқ болидиған йерим өткүзгүчлүк резистор.

229-сүрәт. *Датчиги бар термистр*



230-сүрәт. *Кочини йоруқлаштуруш үчүн фоторезисторни тизмиға қошуш схемиси*

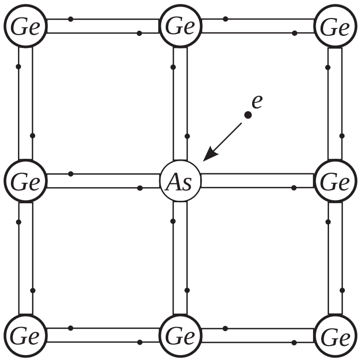
Жавави қандақ?

Кочиларни йоруқлаштурушни фоторезистор қандақ рәтләйду?

III. Йерим өткүзгүчләрниң қошулмилиқ өткүзгүчлүги

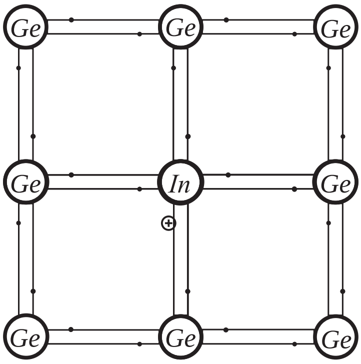
Әгәр қошулма Менделеев жәдвилиниң *V*, *VI* яки *VII* топиға ятидиған болса, у чағда йерим өткүзгүчни әркин электронлар билән бейитиду. Мундақ қошулмиларни

донорлуқ қошулма, йерим өткүзгүчләрни *электронлуқ* яки *n*-типлиқ дәп атайду. Германий вә бәш валентлиқ мышьяк атомлириниң электронлуқ бағлинишини жәдвәлдин қараштурайли *(231-сүрәт)*. Мышьяк атоминиң төрт электрони германий атоми электронлири билән бағлинишиду, бәшинчиси бош қалиду. *n-типлиқ йерим өткүзгүчләр электронлуқ өткүзгүчлүккә егә.* Электронларниң ажриши атом арилиқ бағлинишни үзмәйду, төшүк пәйда болмайду, бағлинишқан электронлар йөнәлгән һәрикәт һасил қилмайду. Төвәнки температуриларда вә ажиз йоруқлаш^турушта қошулмилиқ өткүзгүчлүк өзлүк өткүзгүчлүктин онлиған вә йүзлигән һәссигә артуқ болиду.



231-сүрәт. *n-типлиқ йерим өткүзгүч*

Төшүклүк өткүзгүчлүк Менделеев жәдвилидики I, II, III топтики мадда қошулмилирида бесим болиду. Бу топтики элементларниң валентлиқ электронлар сани йерим өткүзгүчләргә нисбәтән аз болғанлиқтин, жүплүк электронлуқ бағлиниш тәркивидики төшүк пәйда болиду. Мундақ қошулмиларни *акцепторлуқ*, йерим өткүзгүчләрни *төшүклүк* яки *р*-типлиқ дәп атайду. 232-сүрәттә германий атомлириниң вә үч валентлиқ индий атомлириниң бағлиниш схемиси тәсвирләнгән. Индийниң үч электрони германийниң хошна үч атоми билән жүплүк бағлиниш ясайду, төртинчи атом билән электронлуқ бағлиниш жәриянида төшүк пәйда болиду. *Акцепторлуқ қошулмиси бар йерим өткүзгүчниң асасий өткүзгүчлиги төшүклик болуп санилиду.*



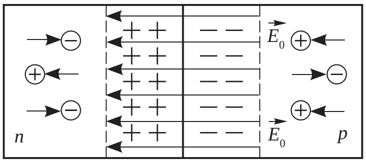
232-сүрәт. *р-типлиқ йерим өткүзгүч*

Қошулмилиқ өткүзгүчлүк – акцепторлуқ вә донорлуқ қошулмиси бар йерим өткүзгүчтики өткүзгүчлүк.

IV. Йерим өткүзгүчлүк диод

Яндишиш бетидә әркин электронлар билән төшүкләрниң диффузияси орунлинидиған *р*-типлиқ вә *n*-типлиқ икки өткүзгүчниң бағлинишини караштурайли. Диффузия нәтижисидә *n*-типлиқ йерим өткүзгүчниң чегарилиқ қәвити иҗабий, *р*-типлиқ йерим өткүзгүчниң чегарилиқ қәвити сәлбий зарядлиниду, *р–n* өтүши *(233-сүрәт)* түзүлиду. *р–n* өтүши һасил қилған $\vec{E}_0$ мәйдани асасий заряд тошиғучиларниң һәрикитигә каршилиқ кәлтүриду.

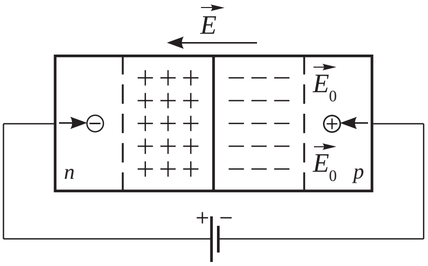
р–n өтүш



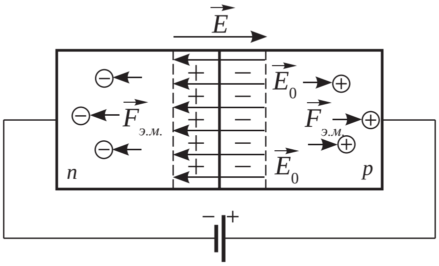
233-сүрәт. *р–n өтүш*

Пәйда болған чегарилиқ қәвити *япқучи қәвәт* дәп атилиду. У бир тәрәплик өтгүзгүчликкә егә вә йерим өткүзгүч диодниң асасий бөлиги болуп һесаплиниду. Йерим өткүзгүчни ток мәнбәсигә қошуп, иҗабий

полюсни n-типлиқ йерим өткүзгүчкә, сәлбий полюсни p-типлиқ йерим өткүзгүчкә *(234-сүрәт)* қошумиз. Сиртқи мәйданниң күчинишлиги $p–n$ өтүшиниң күчинишлиги билән мувапиқ келиду, япқучи қәвәт улғийип, қаршилиқ күчийиду.

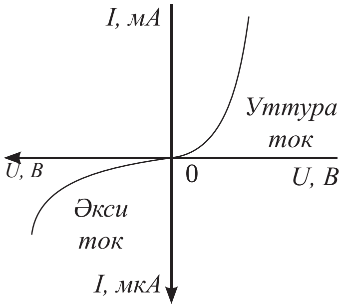


234-сүрәт. *p–n өтүшиниң әкси қошулуши*



235-сүрәт. *p–n өтүшиниң уттур қошулуши*

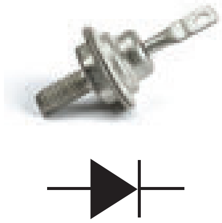
Ток мәнбәсиниң полюслирини алмаштурсақ, сиртқи мәйдан күчинишлиги $p–n$ өтүши йөнилишигә қарши йөнилиду (235-*сүрәт*). Япқучи қәвәтнин келинлиғи азийиду яки толуғи билән йоқап кетиду, $p–n$ өтүшиниң қаршилиғи азийиду. Йерим өткүзгүч арқилиқ асасий ток тошиғучиларниң йөнәлгән һәрикитидин пәйда болған ток көпийиду. Чиқиш мәнбәсиниң $p–n$ өтүшигә уттур вә әкси қошулуш вақтидики вольт-амперлиқ характеристика 236-сүрәттә берилгән. *p-типлиқ вә n-типлиқ йерим өткүзгүчләрниң нисбити диодниң асасий бөлиги болуп һесаплиниду,* 237-сүрәттә схемидики йерим өткүзгүч диод тәсвирләнгән.



236-сүрәт. *p–n өтүшигә арналған вольт-амперлиқ характеристика*

V. Йоруқ диодлуқ лампа

Йоруқ диодлуқ лампа цокольдин, қураштурулған турақлиқ ток истимал блогидин, жуқури қувәтлик йоруқ диоди вә чачқучиси бар мәхсус лайиһәләнгән плата драйвердин тәркип тапиду *(238-сүрәт). Йоруқ диод – электр энергияси көрүнидиған шолилинишқа айлинидиған p–n өтүши.* Демәк, йоруқ диодлуқ лампиниң асасий бөлиги – өлчими 160×550×50 *мкм*-ғичә йетидиған йерим өткүзгүч чип болуп санилиду. Плата иссиқлиқ елип кетишни ашуридиған аллюминий корпус – радиаторниң ичидә орунлашқан. Чачқучта орнитилған люминофор лампиниң йоруқлинишини ашуриду. Диодниң ташқи көрүнүши вә схемида бәлгүлиниши. Лампиларға берилидиған күчинишниң 12 *В* вә 220 *В* арилиғида бирнәччә нусхилири қараштурулған. Йоруқ диодлуқ лампиларниң энергия истимал қилиши аддий қиздуруш лампилириға нисбәтән 5–10 һәссә үнүмлүк.



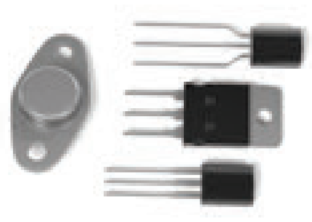
237-сүрәт. *Диод вә униң схемида бәлгүлиниши*

238-сүрәт. *Йоруқ диодлуқ лампа*

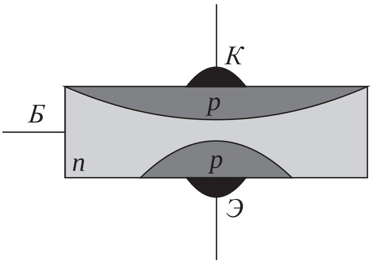
VI. Транзисторлардики күчәйткүч

Икки p–n өтүши бар йерим өткүзгүчләр транзисторлар дәп атилиду (239-сүрәт). Улар *p–n–p* вә *n–p–n* типлиқ болуши мүмкин. *pnp* транзисторлирини ясаш үчүн *n*-типлиқ йерим өткүзгүчниң пластиниси керәк, уни *Б* база дәп атайду. Пластиниға *p*-типлиқ йерим өткүзгүчниң икки бөлигини *(240-сүрәт)*, коллектор мәйдани *К* эмиттер мәйданиға *Э* нисбәтән көп болиду. Икки өтүшни япқучи қәвәтләрни рәтләйдиған турақлиқ ток мәнбәсигә қошулиду *(241-сүрәт)*. «Эмиттер–база» өтүши тоғра, «база–коллектор» өтүши әкси болиду. Асасий тошиғучилар биринчи өтүштә эмиттер токини һасил қилиду. Базиға өткән төшүкләр иккинчи өтүш үчүн асасий әмәс тошиғучилар болуп һесаплиниду вә уни һечбир қаршилиқсиз өтиду. Шундақ қилип, коллектор токи $I_К$ пәқәт эмиттер токиға $I_Э$ бағлиқ вә коллекторниң R тизмисидики қаршилиққа бағлиқ әмәс: $I_К = I_Э - I_Б$

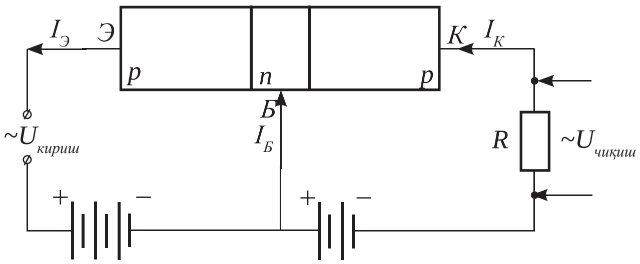
Коллектор тизмисида жуқури қаршилиқлиқ резисторни қошуп, жуқури күчинишлик сигнал елишқа болиду: $U_{чиқиш} = I_К R$.



239-сүрәт. *Транзисторлар*



240-сүрәт. *p–n–p түрдики транзистор*



241-сүрәт. *Транзистор чиқишиға ток мәнбәлирини қошуш*

Жавави қандақ?

1. *Температура төвән болғанда йерим өткүзгүчләрдә немишкә қошулмилиқ өткүзгүчлүк, жуқури температурида болса өзлүк өткүзгүчлүк артуқ болиду?*
2. *Күчинишниң мәнаси бирхил болғанда, немишкә p–n өтүштә уттур ток әкси токтин артуқ болиду?*
3. *Немишкә коллектордики ток «коллектор-база» тизмисидики арилиққа бағлиқ әмәс?*

Тәкшүрүш соаллири

1. Қандақ маддилар йерим өткүзгүч болиду?
2. Йерим өткүзгүчниң өзлүк өткүзгүчлиги дегән немә?
3. Йерим өткүзгүчниң қаршилиғи қиздурғанда қандақ өзгириду? Йоруқланғандичу?
4. Қандақ өткүзгүчни қошулмилиқ дәп атайду?

5. Қандақ қошулмиларни донорлуқ дәп атайду? Акцепторлуқ дәп қайсилирини атайду?
6. *p–n* өтүшиниң қандақ хусусийәтлири бар?
7. Транзисторниң түзүлүши қандақ?

Көнүкмә 42

1. Бөлмә температурисида германийниң өткүзгүч электронлириниң концентрацияси $n = 3 \cdot 10^{19}$ *м*^{3}. Өткүзгүч электронларниң сани атомларниң умумий санининң қанчә бөлигини тәшкил қилиду? Германийниң зичлиғи $\rho = 5400$ *кг/м*^{3}, мольлуқ массиси $\mu = 0{,}073$ *кг/моль*.
2. Температура 20°С болғанда, германийниң өткүзгүч электронлириниң концентрацияси $1 \cdot 10^{14}$ *см*$^{-3}$ Униң атомлириниң қандақ бөлиги ионланған? Ионлиниш вақтида оттура һесап билән атомниң валентлиқ электронининң бирила йоқилиду дәп һесаплаңлар.
3. «Төшүклүк» концентрацияси $5 \cdot 10^{16}$ *см*$^{-3}$ болуш үчүн, алюминийниң кремнийдики хас қошмиси (массиси %) қанчә болуш керәк? Алюминийниң һәр бир атоми «төшүк» һасил қилишқа қатнишидиғанлиғини инавәткә елиңлар.
4. Пәйдин пәй қошулған, қаршилиғи 1 *кОм* реостат билән термистордин туридиған тизминиң учиға 20 *В* күчиниш берилиду. Бөлмә температурисида тизминиң ток күчи 5 *мА* болди. Термисторни исссиқ суға салғанда, ток күчиниң мәнаси 10 *мА* болди. Термисторни қаршилиғи нәччә һәссә өзгәрди?
5. Қараңғуда қаршилиғи 25 *кОм* фоторезисторни қаршилиғи 5 *кОм* болған резистор билән пәйдин-пәй қошти. Фоторезисторни йоруқландурғанда күчинишниң шу мәнасида ток күчи 4 һәссә өсти. Фоторезисторниң қаршилиғи қанчә һәссә азайди?

Иҗадий тапшурма

Төвәндики мавзулар бойичә әхбарат тәйярлаңлар (хаһишиңлар бойичә):
1. Йерим өткүзгүчләрни йоруқ техникисида пайдилиниш.
2. Транзисторларики иштикләткүчләрниң түрлири вә уларни пайдилиниш.
3. Қазақстандики йоруқ техникиси билән радиоэлектроника.

§ 43. Электролитларниң еритидиниси билән еритмилиридики электр токи. Электролиз қанунлири

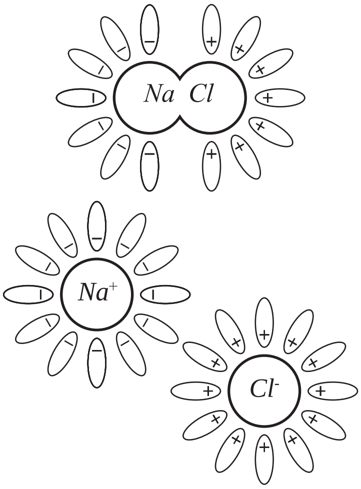
Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *электролиттики электр токини хактерләшни вә һесап чиқиришта электролиз қанунлирини қоллинишни үгинисиләр.*

I. Электролиттики заряд тошиғучилар

Электролит вә су молекулилири түзүлүми җәһәттин полярлиқ болуп келиду. Кислоталарниң, щелочьларниң вә тузларниң молекулилири ионлириниң бағлиниши су молекулиси әтрапида һалсизлиниду, молекулилар ионларға парчилиниду, электролитлиқ диссоциация әмәлгә ашиду *(242-сүрәт)*.



242-сүрәт. *Электролитлиқ диссоциация*

Әскә чүшириңлар!

Электролитлар – судики еритиндилири билән еритмилири өткүзгүч болидиған маддилар.

Электролитлиқ диссоциация – ериткүчи тәсиридин молекулиларниң ионларға парчилиниши.

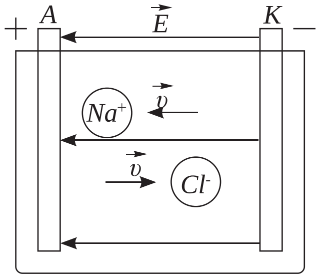
$$HCl \rightarrow H^{+} + Cl^{-}$$
$$NaOH \rightarrow Na^{+} + OH^{-}$$
$$CuSO_4 \rightarrow Cu^{+2} + SO_4^{-2}$$

Анод вә катод арисида пәйда болған электр мәйдани тәсиридин электролитта ионларниң йөнәлгән һәрикити, йәни электр токи пәйда болиду *(243-сүрәт)*.

Молекулиларниң ионларға бөлүнүши маддиларниң қаттиқ қизиған вақтидима болиду. Диссоциация дәриҗиси яки молекулиларниң бөлүнүш үлүши температуриға бағлиқ болиду.

Әскә чүшириңлар!

Металлардики ток күчи:
$I = |e|nSu_{др.}$
Токниң зичлиғи: $j = |e|nu_{др.}$



243-сүрәт. *Сиртқи мәйдан тәсиридин болған зарядләнгән зәрриләрниң йөнәлгән һәрикити*

Диссоциация дәриҗиси– молекулиларниң қайси бөлиги ионларға бөлүнидиғанлиғини көсиритидиған физикилиқ миқдар.

$$\alpha = \frac{N_i}{N},$$

бу йәрдә α − диссоциация дәрҗиси N_i − ионларға бөлүнгән молекулиларниң сани; N − еритиндидики электролит молекулилириниң сани.

Еритиндидики диссоциация билән биргә иҗабий ионлар сәлбий ионлар билән урулғанда, экси җәриян – молекулиниң өз қелипиға келиши җүриду, уни рекомбинация дәп атаймиз.

> **Рекомбинация – ионларнің нейтрал молекулиға бирикиш жәрияни.**

> **Әстә сақлаңлар!**
> Иҗабий вә сәлбий ионлар электролиттики заряд тошиғучилар болиду.

II. Электродтарда маңидиған жәриянлар. Электролиз

Электролит түригә бағлинишлиқ электродларда һәр түрлүк жәриянлар орунлиниду:

1) *Суниң кослород вә водородқа парчилиниши.* Электр токи гунгут кислотасиниң судики еритмиси арқилиқ катодта газ тәхлит водородниң вә анодта кислороднің бөлүнүшигә елип келиду. Диссоциация нәтиҗисидә еритмида водород H^+, гидроксид OH^- вә сульфат SO_4^{-2} ионлири түзүлиду *(244-сүрәт)*:

$$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$$

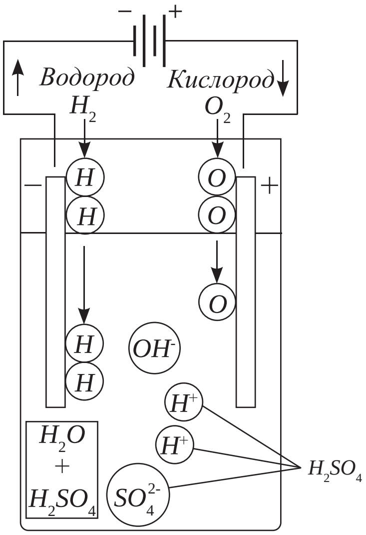
$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

Катодқа йөнәлгән водород иони сәлбий ион елип, нейтрал һаләткә чүшүп, водород молекулисиға айлиниду:

$$4H^+ + 4e = 2H\uparrow.$$

Гидроксид иони анодқа артуқ электрон бериду, андин кейин нейтрал һаләткә чүшүп, кислород вә су молекулисини түзиду:

$$4OH \rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow$$



244-сүрәт. *Суниң водород билән кислородқа бөлүнүши*

Электролитлар еритиндисида металлдики жәрияларға охшаш жәриянлар маңиду. Водородниң иҗабий ионлири катод электронлирини алиду, гидроксидниң сәлбий ионлири анодқа артуқ электронлирини бериду. Дәл мошундақ металлда әркин электронлар зарядләрниң чиқиш мәнбәсини сәлбий полюсидин иҗабий полюсиға авуштириду. Суюқ өткүзгүчтә ток үчүн Ом қануни орунлиниду. Электролит арқилиқ ток өткәндә кислотани қелипиға кәлтүрүш реакцияси нәтиҗисидә таза мадда түзүлиду, бу жәриянни *электролиз* дәп атайду.

> **Электролиз – электролит арқилиқ ток өткәндә электродларда таза маддиниң бөлүнүш һадисиси**

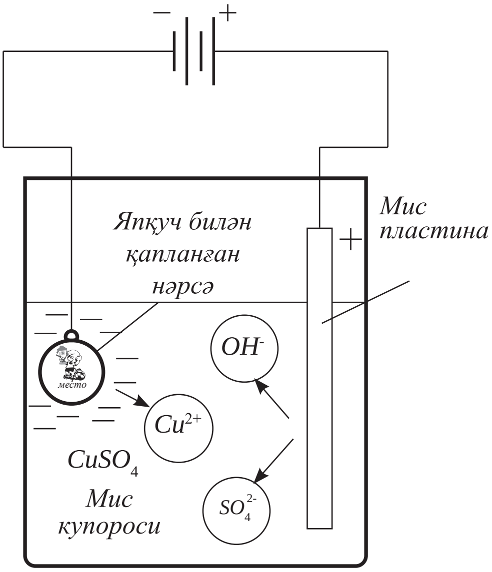
2) *Гальваностегия.* Әгәр суда көк ташни (медный купорос) $CuSO_4$ еритсақ, у чағда еритмида водород H^+, гидроксид OH^-, мис Cu^{+2} вә сульфат SO_4^{-2} ионлири һасил болиду:

$$HOH \rightarrow H^+ + OH^-$$

$$CuSO_4 \rightarrow Cu^{+2} + SO_4^{-2}$$

Гидроксид ионлири анодта водород түзиду, катодтики водород ионлири нейтрал водородқа айлиниду, мис ионлири нейтраллинип, катод түвигә тиниду *(245-сүрәт)*. Катод таза металл қәвити билән қаплиниду.

> **Гальваностегия – металл мәһсулатни башқа металлдин ясалған қоғдиниш яки декоративлиқ қәвитини қаплашниң электрохимиялик жәрияни**



245-сүрәт. *Гальваностегия – мәһсулатни металл қәвити билән қаплаш*

246-сүрәт. *Вәтәнлик мәһсулат Алтун ялитилған сувенир «Алтун адәм», Алмута ш.*

Гальваностегия мәһсулатларда антикоррозиялик яки буюмларда декоративлиқ япқуч ясаш үчүн қоллинилиду *(246-сүрәт)*. Мәсилән мәһсулатни никель яки хром, алтун яки мис билән қаплиғанда, мәһсулат катод, таза металлиқ пластина анод болиду. Электролит ретидә аталған металлниң туз еритиндисини пайдилинилиду. Еритиндидики металл ионлириниң азийиши вақтида SO_4^{-2} сульфатниң сәлбий ионлири анод билән реакциялишиду, анод ерип кетиду, катод қепиниң қелинлиғи ашиду. 247-сүрәттә мәһсулатни мис билән қаплаш үчүн қоллинилидиған гальваникилиқ ваннилар көрситилгән.

247-сүрәт. *Мәһсулатни мис билән қаплашқа беғишланған ваннилар*

III. Фарадейниң бириничи қануни

М.Фарадей 1834-жили токниң турақлиқ мәнасида, бир мәзгилдә катодта химиялик элементларниң бирдәк массилири бөлүнидиғанлиғини байқиди. Фарадей маддиниң электрохимиялик эквиваленти чүшәнчисини киргүзди:

$$k = \frac{m}{q} \quad (1)$$

Электрохимиялик эквивалент – электролит арқилиқ бирлик заряд өткән чағда электродта маддиниң қандақ массиси бөлүнидиғанлиғини көрситидиған физикилиқ миқдар.

ХБС бойичә электрохимиялик эквивалентниң өлчәм бирлиги:

$$[k] = 1\frac{кг}{Кл}.$$

Фарадей өзиниң ачқан йеңилиқлирини қанунлар түридә тәриплиди. Фарадейниң биринчи қануни:

М.Фарадей тәҗрибисиниң нәтиҗиси төвәндики шәрт асасида:
I = const
t = const
q = 1 *Кл*

16-җәдвәл. *Электрохимиялик эквивалентлар җәдвили*

Мадда	Электрохимиялик эквивалент, *кг/Кл*
Мис	$3{,}29 \cdot 10^{-7}$
Күмүч	$1{,}118 \cdot 10^{-6}$
Водород	10^{-8}

17-җәдвәл

мадда	масса, *г*
мис	0,000329
күмүч	0,001118
водород	0,00001

Электролиз вақтида электродта бөлүнүп чиқидиған маддиниң массиси электролит арқилиқ тошулған зарядкә тоғра пропорционал болиду.

$$m = kq. \quad (2)$$

$q = It$ зарядниң ток күчи билән бағлиниш формулисини инавәткә алсақ, Фарадейниң биринчи қануни келәси түргә келиду

$$m = kIt. \quad (3)$$

IV. Фарадейниң иккинчи қануни

Фарадейниң иккинчи қануни маддиларниң электрохимиялик вә химиялик эквивалентлириниң арисида бағлиниш орнитиду. Уни Фарадей тәҗрибә мабайнида тәриплиди. Миқдарлар арисида нәзәрийәвий бағлиниш ясайли (1) формулиға бәлгүлүк формулиларни қойимиз: $m = m_0 N = \frac{M}{N_A} N$ вә $q = n|e|N$,

бу йәрдә N_A – Авогадро сани, N – электродқа олтурушқан ионлар сани, $m_0 = \frac{M}{N_A}$ – бир ионниң массиси, n – ионниң валентлиғи, $|e|$ – элементар заряд, нәтиҗисидә мундақ ипадә алимиз:

$$k = \frac{MN}{N_A n|e|N} = \frac{M}{N_A|e|n}. \quad (4)$$

(4) ипадисидики $\frac{M}{n}$ нисбити маддиниң химиялик эквиваленти болиду. Электрохимиялик вә химиялик эквивалентниң пропорционал коэфициенти:

$$\frac{1}{N_A|e|} = \frac{1}{F} \text{ тәң болиду,}$$

бу йәрдә F − Фарадей турақлиғи, униң мәнаси:

$$F = 9{,}65 \cdot 10^4 \, \frac{Кл}{моль}.$$

Фарадейниң иккинчи қанунининң математикилиқ ипадиси мундақ түргә келиду

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n}. \quad (5)$$

Маддиларниң электрохимиялик эквивалентлири уларниң химиялик эквивалентлириға тоғра пропорционал.

Тәкшүрүш соаллири

1. Қандақ маддилар электролитлар дәп атилиду?
2. Электролитлик диссоциация дегинимиз немә? Электролиз? Рекомбинация?
3. Қандақ зәрриләр электролитлардики зарядләнгән зәрриләрниң тошиғучилири болиду?
4. Диссоциация дәрижиси немини көрситиду?
5. Электролиз қанунлирини тәриплəңлар.

Көнүкмә 43

1. $AgNO_3$ вә $CuSO_4$ еритиндилири бар икки электролитлиқ ванна пәйдин-пәй қошулған. Массиси $m_1 = 180$ *г* болидиған күмүч бөлүнгән вақит арилиғида мисниң қанчилик массиси m_2 бөлүниду?
2. $t = 5$ мин вақит арилиғида ток сульфат цинкиниң еритиндиси арқилиқ өткәндә, икки валентлиқ цинкниң қанчә атомини бөлүшкә болиду? Цинкниң электрохимиялик эквивалентини қошумчиниң 15-жәдвәли бойичә ениқлаңлар.
3. Мәһсулатни никельлаш вақтида ток күчи дәсләпки $t = 15$ *мин* вақит арилиғида нөлдин $I_{max} = 5$ *А*-ғичә бирхил өсиду, униңдин кейин $t = 1$ *сек* вақит арилиғида турақлиқ болиду, ахирқи $t_3 = 35$ *мин* ариликта нөлгә төвәнләйду. Бөлүнгән никельниң массисини ениқлаңлар. Никельниң электрохимиялик эквивалентини қошумчиниң 15-жәдвили бойичә ениқлаңлар.
4. Электролиз еритиндиси $NiSO_4$ токниң $j = 0{,}15$ *А/дм*^{2} зичлиғида болиду. $t = 2$ мин вақит арилиғида катодниң бетиниң $S = 1$ *см*^{2} мәйданида никель атоминиң қанчилик мөлчәри бөлүниду? Никельниң электрохимиялик эквивалентини қошумчидики 15-жәдвәл бойичә ениқлаңлар.
5. Мис купоросиниң электролизи вақтида мис пластинининң (катодниң) массиси қандақ вақит арилиғида $\Delta m = 99$ *г* болиду? Пластинининң мәйдани $S = 25$ *см*^{2}, токниң зичлиғи $j = 200$ *А/дм*^{2}. Пластинида һасил болған мис қәвитиниң зичлиғини ениқлаңлар.

§ 44. Газлардики электр токи. Вакуумдики электр токи. Электрон-шолилиқ нәйчә

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:
- *газдики вә вакуумдики электр токини характерләшни;*
- *электрон-шолилиқ нәйчиниң иш орунлаш принципини вә уни пайдилинишни үгинисиләр.*

I. Газлардики заряд тошиғучилар

Адәттики һаләттә газ диэлектрик болиду, у нейтрал молекулилар яки атомлардин туриду. Иссиқлиқ, ультрагүлнәпшә, рентген вә радиоактивлиқ шолилинишлар арқилиқ ионлайдиған болсақ, у чағда газ өткүзгүчгә айлиниду.

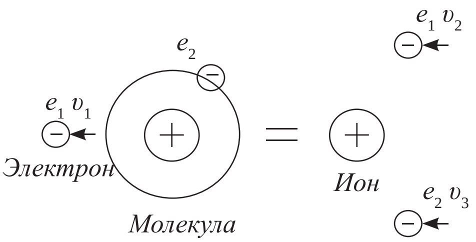
Газ молекулилири бир яки бирнәччә электронини йоқитип, иҗабий ионларға айлиниду. Нейтрал молекулилар билән урулушқан чағда бош электронлар сәлбий ионларни түзиду. Газларда ионлиниши билән қатар бир мәзгилдә рекомбинация маңиду: электронлар иҗабий зарядләнгән ионлар билән урулашқанда нейтрал молекулилар түзүлиду.

Сиртқи электр мәйдани бар болғанда, иссиқлиқ һәрикәт билән қатар, ионланған газда ток пәйда болиду. Сәлбий ионлар вә электронлар мәйдан күчинишлик векториниң йөнилишигә қариму-қарши йөнилиду, иҗабий ионлар күчинишлик векториниң йөнилиши бойичә һәрикәтлиниду.

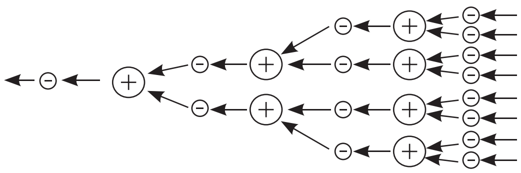
II. Урулуш арқилиқ ионлиниш

Электр мәйданиниң жуқури күчинишлигидә, йәни 10^3 *В/м* вә 10^5 *В/м* арилиғида электронлар урулушқанда нейтрал молекулиларни ионлашқа йетәрлик энергия пәйда болиду (248-сүрәт)? $E_i = \dfrac{m\upsilon^2}{2} = qE\lambda$,

бу йәрдә E_i – ионлиниш энергияси, m – зарядләнгән зәрриләрниң массиси, υ – зарядләнгән зәрриләрниң илдамлиғи, q – зәрриниң заряди, E – мәйдан күчинишлиги, λ – әркин меңиш арилиғи. Урулуш нәтиҗисидә пәйда болидиған ионлар билән электронлар мәйдан билән тартилиду, вә улар йеңи молекулиларни ионлайду, зарядләнгән зәрриләр сани кәскин (резко) өсиду, ташқи ионлиғучи болмиғанда газниң өзлүгидин ионлиниши орун алиду, Мошундақ җәрияан урулуш арқилиқ ионлиниш дегән намға егә болди *(249-сүрәт)*.



248-сүрәт. *Газ молекулилириниң ионлиниши*



249-сүрәт. *Урулуш арқилиқ ионлиниш*

Әстә сақлаңлар!

Газлардики заряд тошиғучилар иҗабий вә сәлбий ион вә әркин электронлар болиду.

Урулуш арқилиқ ионлиниш – атомлар яки молекулиларниң чапсан электронлар билән урулушиниң нәтиҗисидә иҗабий зарядләнгән ионларниң пәйда болуш җәрияни.

III. Мустәқил вә мустәқил әмәс разряд

250-сүрәттә газ разрядлиқ нәйчидики *(251-сүрәт)* ток күчиниң мәйдан күчинишлигигә бағлинишлиқ графиги көрситилгән. Электрод арисидики күчиниш мәйдан күчинишлигиниң анод вә катод арисидики l арилиққа көпәйткәнгә тәң:

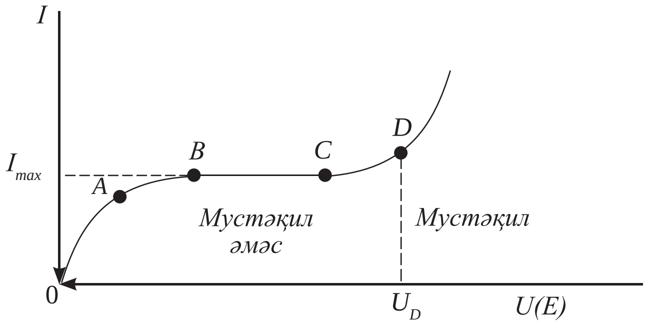
$$U = El,$$

бу йәрдә l – турақлиқ миқдар болғанлиқтин, ток күчиниң күчинишигә вә күчинишликкә бағлинишиниң түри охшаш. *OA* бөлигидә ток күчиниң күчинишкә бағлиниши тоғра пропорционал. Ом қануни орунлиниду. Күчиниш өскән сери ток күчиниң өсүши, ионизатор тәсиридин пәйда болған ионлар билән электронлар сани электродқа келип йәткән зарядләнгән зәрриләр сани билән тәңләшкән вақитта тохтайду, бу җәриянға графикниң *BC* бөлиги мас келиду. Ток күчиниң максимал мәнасини қениққан ток дәп атайду, у ионлиғучиниң қувитигә бағлиқ. Әгәр ионлиғучини өчәрсә, у чағда газ қайтидин диэлектрикқа айлиниду, ток йоқилиду.

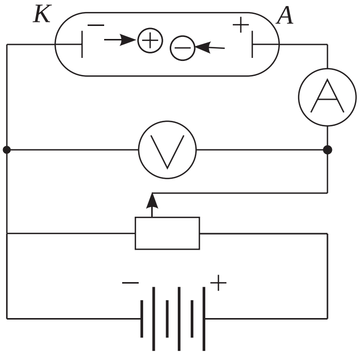
Әстә сақлаңлар!

Әгәр нәйчидики газниң бесими атмосферилиқ бесимдин төвән болса, у чағда мустәқил разряд пәқәт электродларниң арисидики күчиниш төвән болғандила мүмкин. Разрядләнгән газда зарядләнгән зәрриләрниң әркин меңиш арилиғи өсиду, кинетикилиқ энергия күчиниш төвән болған чағда ионлиниш энергия мәнасиға йетиду:

$$E_i = q\frac{U}{l}\lambda .$$



250-сүрәт. *Газдики разрядниң вольт-амперлиқ бағлинишлиғи*



251-сүрәт. *Газ разрядлиқ нәйчә*

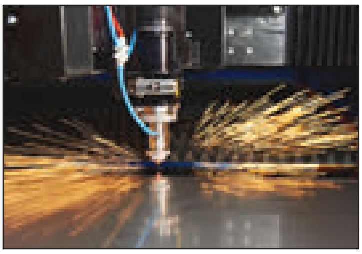
Вольт-амперлиқ характеристикидики *OD* бөлиги пәқәт ионизатор бар болған һаләттила мүмкин болидиған мустәқил әмәс разрядқа мас келиду. Газда U_D жуқури күчинишләр болғанда урулуш арқилиқ ионлиниши башлиниду, разряд мустәқил разряд болиду.

IV. Мустәқил разрядләр түрлири

1) Учқунлуқ разряд. Адәттики атмосферилиқ бесим вақтида мәйдан күчинишлиги жуқури тәхминән $3 \cdot 10^6$ *В/м* болғанда, газда учқунлуқ разряд пәйда болиду. Разряд каналидики газ 10^4 *К*-ғичә қизийду вә йоруқлинишқа башлайду. Тәбиәттә

учқунлуқ разряд мисалиға чақмақни кәлтүрүшкә болиду, униң каналиниң диаметри 25 *см*, ток күчи болса 10^5 *А*. Қиздурғанда каналдики газниң зичлиғи азийиду, бесим кәскин (резко) төвәнләйду. Төвәнлигән бесим тәрәпкә соғ һава йөнилиду, гүлдүр-гүлдүр, тарс-турс охшаш тавуш эффектлири пәйда болиду.

Учқунлуқ разряд металларни ишләп чиқиришта вә кесиштә *(252-сүрәт)*, ичидин янидиған двигательлардики янғучи қошулмини туташтурушта пайдилинилиду.



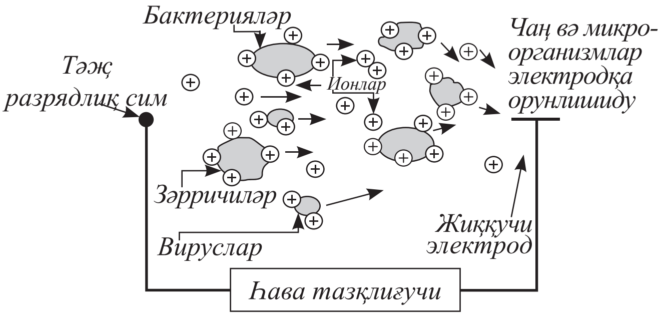
256-сүрәт. *Метални кесиш*

2) Таҗлиқ разряд. Таҗлиқ разряд вақтида сус гүлнәпшә йоруқ билән писилдиған тавуш пәйда болиду. Разряд өткүзгүчләрниң учлуқ бөләклириниң әтрапида, жуқарқи күчиништики бирхил әмәс мәйданда, адәттики вә жуқарқи бесимда байқилиду. Таҗлиқ разряд көчәргүчи аппаратлар вә лазерлиқ принтерларда, порошокни барабандин қәғәзгә көчириши вә барабандики қалдуқ зарядни елишқа пайдилинилиду.

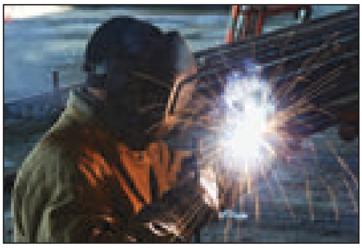
Җавави қандақ?

Немишкә газ разрядлиқ катодниң әтрапида газ көрүнмәйду?

У электростатикилиқ фильтрларда пайдилинилиду. Таҗлиқ разрядниң тәсиридин чаң зәррилири, бактериялар вә вируслар электрлиниду вә әсвапниң катодиға орунлишиду. *(253-сүрәт).*



253-сүрәт. *Таҗлиқ разряд билән чаңни электрләш*

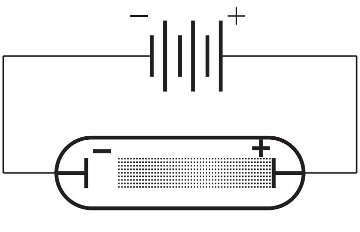


254-сүрәт. *Доғилиқ кәпшәләш*

3) Доғилиқ разряд. Доғилиқ разряд икки көмүр яки металл электродларниң арисида күчинишниң тәхминән 60 *В* селиштурма аз мәнасида пәйда болиду. Доғилиқ разряд пәйда болғанда, жукури температура 5000–6000 *К* вә йоруқ пақираш болиду.

Доғилиқ разряд металларни кәпшәләштә (сварка), полат еритидиған пәчләрни ясашта *(254-сүрәт),* прожекторлар, ультрагүлнәпшә шолилар мәнбәлирини – кварцлиқ шамларни ясашта пайдилинилиду.

4) Солғун разряд. Төвәнки, тәхминән 10 *Па*, бесим, вә 200–300 *В* миқдаридики жуқари күчиниш



259-сүрәт. *Газ разрядлиқ нәйчә*

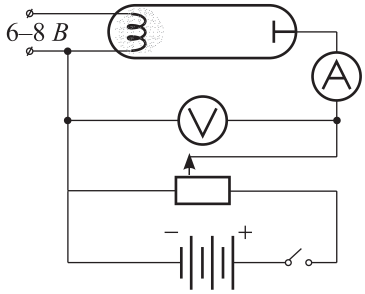
вақтида солғун разряд байқилиду. Уни пақириши нәйчә толтурулған газниң түригә бағлиқ болиду *(255-сүрәт)*. Газ рязрядлиқ нәйчә энергияни тежәмлигүчи люминесцентлиқ шамниң асасий бөлиги болуп тепилиду. *(256-сүрәт)*. Қувәт 20 *Вт* люминесцентлиқ шам қувәт 100 *Вт* қиздуруш шами охшаш йоруқ бериду. Мундақ шамларниң камчилиғи – симапниң оғилиқ һолириниң қоллиниши вә уни утилизацияләштә.

256-сүрәт. *Энергия тежәмлигүчи люминесцентлиқ шам*

V. Вакуумдики заряд тошиғучилар. Термоэлектронлуқ эмиссия

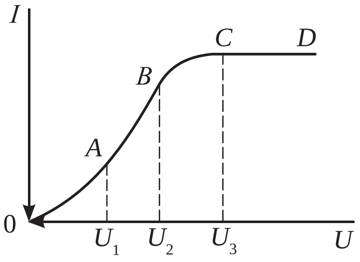
Вакуум – һавасиз бошлуқ, униң ичидә заряд тошиғучи болидиғандәк зәрриләр йоқ. Вакуумда электр токини елиш үчүн униңға зарядләнгән зәрриләр киргүзүш һаҗәт. Әң аддий усул *термоэлектронлуқ эмиссия* болуп санилиду.

Термоэлектронлуқ эмиссия – жуқури температуриғичә қиздурулған металлдин әркин электронларниң аҗрап чиқиши.



257-сүрәт. *Вакуум ичидики токни тәкшүрүш тизмисиниң схемиси*

Спираль түрдики вакуумлуқ трубкиниң элек- тродлириниң бирини күчиниши 6–8 *В* болидиған ток мәнбәсигә қошиду *(257-сүрәт)*. Ток өткән чағда электрод жуқури температуриғичә қизийду вә электронларни чиқириду, улар электронлуқ булут һасил қилиду. Электронлар аҗритилған чағда катод иҗабий зарядлиниду, әтрапидики электронларни тутуп туриду. Катод билән анод арисида электр мәйдани пәйда болғанда электронлар анодқа қарап силҗийду.



258-сүрәт. *Вакуумдики токниң вольт-амперлиқ характеристикиси*

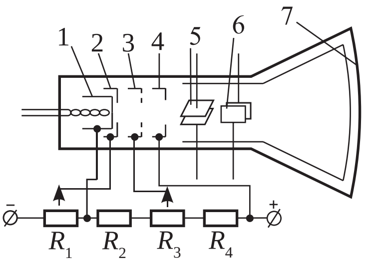
Әстә сақлаңлар!

Вакуумдики заряд тошиғучилар – униңға киргүзүлгән зарядләнгән зәрриләр

VI. Вакуумдики ток күчиниң күчинишкә бағлнишилиғи

257-сүрәттә курулмисиниң схемиси берилгән, бу йәрдә анод билән катод арисидики күчинишни өзгәртиш үчүн потенциометр, электронлар еқими пәйда қилған ток күчини һесаплаш үчүн амперметр, күчинишни өлчәш үчүн вольтметр пайдилинилиду. Вольт-амперлиқ характеристика 258-сүрәттә тәсвирләнгән. *ОС* бөлигидә күчинишниң өсүшигә бағлиқ ток күчи өсиду, шуңлашқа шунчилик көп электронлар сани анодқа қарап қозғилиду. Күчинишниң U_1 башлап, U_2-ғичә мәналар арилиғида бағлинишлиқ сизиқлиқ болиду. Мошу наһайти аз күчиниш интервалида

Ом қануни орунлиниду. Униңдин кейин күчинишни U_3-чә ашурғанда, катодтин учуп чиққан һәммә электронлар анодтқа қарап йөнилидиған мәзгил болиду, Бу һаләттә ток күчи күчинишниң өзгиришигә бағлинишсиз болуп қалиду, вакуумлуқ пәйчидә ток максимал мәнасиға – *қеникиш токиға* йетиду. Қеникиш токи катод температурисиға вә у ясалған металл хусусийәтлиригә бағлиқ.



259-сүрәт. *Электрон-шолилиқ нәйчә*

VII. Электрон-шолилиқ нәйчә

Электродлар арисидики күчинишни арттурғанда вакуумлуқ нәйчидә анод әтрапида йешилгуч йоруқлиниш пәйда болиду. Электронларниң әйнәк зәррилиригә бәргән кинетикилиқ энергияни улар соғ йоруқлиниш – люминесценция ретидә чиқириду. Бу һадисә электрон-шолилиқ нәйчидә пайдилинилди *(259-сүрәт).*

Электрон-шолилиқ нәйчә – электр тизмисидики чапсан өзгиридиған электромагнитлиқ һадисиләрни тәтқиқ қилидиған вакуумлуқ әсвап.

260-сүрәт. *Осциллограф*

У – узун инчикә бойини вә теги кәң, люминофор билән (7) капланған әйнәк колба *(259-сүрәт).* Нәйчиниң бойнида катодтин (1), сәлбий потенциаллиқ башқерғучи электродтин (2), иҗабий потенциаллиқ кавак цилиндир түридики (3) вә (4) икки анодттин туридиған электронлуқ зәмбирәк бар.

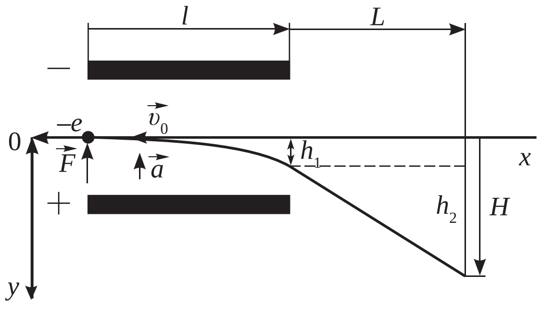
Бурилидиған пластиниларниң икки җүпи (5) вә (6) электронлуқ шолини вертикал вә горизонтал силҗинbду. Экранда нәйчә пластинилириға берилгән күчинишниң өзгириш қанунини характерләйдиған сизиқ – осциллограмма пәйда болиду. Электрон-шолилиқ нәйчә осциллографниң асасий бөлиги болиду *(260-сүрәт).*

Жавави қандақ?

1. *Немишкә қениққан ток катод яслған материалниң хусусийитигә вә температурисиға бағлиқ?*
2. *Немишкә электрон-шолилиқ нәйчидә бирнәччә анод болиду?*

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Кинетикалик энергияси W_k = 10 кэВ электрон, пластиналарининң арисида турақлиқ потенциаллар айримиси *U* = 40 *В* сақлинидиған япилақ конденсаторға учуп кириду *(сүрәткә қараңлар)* Платиниларниң арилиғи *d* = 1 *см*, уларниң узунлуғи *l* = 10 *см*. Конденсатордин



$L = 20$ см арилиқта экран орунлашқан. Электронниң дәсләпки илдамлиғи пластинилар параллель йөнәлгән. Электронниң экрандики H силҗишини ениқлаңлар. Әгәр электрон орниға энергияси шундақ протон алсақ, җавап қандақ өзгириду? Еғирлиқ күчини инавәткә алмаңлар.

Берилгини:	ХБС	Йешилиши:
$W_k = 10$ *кэВ*	$1{,}6 \cdot 10^{-15}$ *Дж*	$0y$ оқини бойи билән конденсаторниң электр мәйданиниң тәсиридин электрон иштикләш билән һәрикәтлиниду:
$U = 40$ *В*		$a = \frac{F}{m} = \frac{\lvert e \rvert E}{m} = \frac{\lvert e \rvert U}{md}$.
$d = 1$ *см*	$0{,}01$ *м*	$0x$ – оқини бойи билән $\upsilon_0 = \sqrt{\frac{2W_к}{m}}$ илдамлиқ билән бирхил һәрикәтлиниду.
$l = 10$ *см*	$0{,}1$ *м*	
$L = 20$ *см*	$0{,}2$ *м*	
$H - ?$		

Конденсатор ичидә электронниң учуш вақти монуниңға тәң: $t = \frac{l}{\upsilon_0} = \frac{l\sqrt{m}}{\sqrt{2W_к}}$.

Конденсатор ичидики электронниң h_1 вертикал силҗишини вә униңдин учуп чиққандики ж υ_y вертикал илдамлиқни ениқлаймиз. Электронниң бирхил иштиклимә һәрикитини инавәткә елип, монуни алимиз:

$$h_1 = \frac{at^2}{2} = \frac{\lvert e \rvert U l^2 m}{2md \cdot 2W_к} = \frac{\lvert e \rvert U l^2}{4dW_к},$$

$$\upsilon = at = \frac{\lvert e \rvert U l\sqrt{m}}{md\sqrt{2W_к}} = \frac{\lvert e \rvert U l}{d\sqrt{2W_к}} = \frac{\lvert e \rvert U l}{dm\,\upsilon_0}$$

Конденсатордин учуп чиққандин кейин электрон инерция билән түз сизиқлиқ вә бирхил учиду.

Пластинилар вә электронниң учуш йөнилишлири арисидики θ булуң төвәндики нисбәт билән ениқлиниду:

$$tg\theta = \frac{\upsilon_y}{\upsilon_0} = \frac{eUl}{2dW_k}.$$

Қошумчә силҗиш

$$h_2 = Ltg\theta = \frac{eUlL}{2dW_k},$$

у чағда

$$H = h_1 + h_2 = \frac{eUl}{2dW_k}\left(\frac{l}{2} + L\right) = 5 \cdot 10^{-3}\,м = 0{,}5\ см.$$

Һесаплаш формулилириға зәрричә массиси киргүзүлмигәнлиқтин, протон заряди электрон зарядигә модули бойичә тәң болғанлиқтин, протонниң силҗиши электронниң силҗишиға тәң болиду, бирақ қариму-қарши йөнәлгән.

Җавави: $H = 0{,}5$ *см.*

Тәкшүрүш соаллири

1. Қандақ зәрриләрни газдики зарядләрни тошиғучилар дәп атаймиз?
2. Газ ионлатқучлирини атаңлар.
3. Қандақ шәрттә газниң өзлүк ионлиниши маңиду?
4. Мустәқил вә мустәқил әмәс разрядниң қандақ айримичилиғи бар?
5. Мустәқил разрядлинишниң қандақ түрлирини билисиләр?
6. Қандақ зәрриләр вакуумдки заряд тошиғучилар болиду?
7. Термоэлектронлуқ эмиссия дегән немә?
8. Вакуумлуқ нәйчә немидин туриду, у қандақ хусусийәтләргә егә?
9. Электрон-шолилиқ нәйчә қәйәрләрдә пайдилинилиду?

Көнүкмә 44

1. Электрон мәйданиниң күчинишлигигә карриму-карши йөнилиштә $1{,}83 \cdot 10^6$ *м/сек* илдамлиқ билән бирхил электр мәйданиға учуп кириду. Әгәр ионлиниш энергияси $2{,}8 \cdot 10^{-18}$ *Дж* болса, электрон водород атомини ионлаш үчүн қандақ потенциаллар айримисини меңип өтүш керәк?
2. Әгәр ионлиғучи секундиға 1 *см*^{2} мәйданда 10^9 ионлар жүпини пәйда қилса, у чағда мустәқил әмәс разряд вақтидики қениш токи қандақ болиду? Һәрбир параллель икки электродниң 100 *см*^{2} вә уларниң арисидики арилиқ 5 *см*.
3. Әгәр молекулиларниң ионлиниш энергияси $2{,}4 \cdot 10^{-18}$ *Дж,* әркин йол меңиш узунуғи 5 *мкм* болса, у чағда мәйданниң қандақ күчинишлигидә һавада мустәқил разряд болиду? Молекулилар билән урулушқандики электронларниң илдамлиғи қандақ?
4. Телевизор кинескопидики иштиклəткүчи анодлуқ күчиниш 16 *кВ*, анодтин экранғичә арилиқ 30 *см*. Электронлар бу арилиқни қанчә вақитта өтиду?
5. Электрон-шолилиқ нәйчидә узунуғи $x = 4$ *см*, япилақ конденсатор пластинилириниң арисида кинетикилиқ энергияси $E_k = 8$ *кэВ* электронлар еқими қозғилиду, пластинилар арисидики арилиқ $l = 2$ *см*. Конденсатордин чиқиш алдида электронлар еқиминиң силжиши $y = 0{,}8$ *см* болуши үчүн конденсатор пластинилириға қандақ күчиниш бериш керәк?

Ижадий тапшурма

Төвәндики мавзу бойичә әхбарат тәйярлаңлар (хаһишиңларчә):

1. Мустәқил разрядниң түрилири
2. Плазма вә униң хусусийәтлири.
3. Чақмақ тартқучниң ишләш принципи.
4. Электровакуумлуқ әсваплар: диод вә триод.

12-бапниң йәкуни

Асасий миқдарлар	Һесаплаш формулиси
Металлардики вә вакуумдики ток күчи	$I = \lvert q_0 \rvert n\upsilon_{др.} S$
Металлдики вә вакуумдики ток зичлиғи	$j = \lvert q_0 \rvert n\upsilon_{др.}$
Диссоциация дәрижиси	$\alpha = \frac{N_i}{N}$
Газлардики ионлиниш энергияси	$E_i = \frac{m\upsilon^2}{2} = qE\lambda$; $E_i = g\frac{U}{l}\lambda$

Қанунлар, қаидиләр

Фарадейниң биринчи қануни

Электролиз вақтида электродтин бөлүнүп чиқидиған маддиниң массиси электролит арқилиқ тошулған зарядқә тоғра пропорционал болиду.

Фарадейниң иккинчи қануни

Маддиларниң электрохимиялик эквиваленти уларниң химиялиқ эквивалентлириға тоғра пропорционал.

Глоссарий

Адәттин ташқири өткүзгүчләр – адәттин ташқири өткүзгүчлүк һалитидики маддилар.

Адәттин ташқири өткүзгүчлүк – электр қаршилиғи нөлгә йеқин болидиған өткүзгүчниң һалити.

Гальваностегия – металл мәһсулатини башқа металлдин ясалған қорғидиниш яки безәкләш қәвитини каплашниң электрохимиялик жәрияни.

Диссоцация дәрижиси – молекулиларниң қайси бөлиги ионларға бөлүнидиғанлиғини көрситидиған миқдар.

Йерим өткүзгүлүк диод – p-типлиқ вә n-типлиқ йерим өткүзгүчләрниң контакти.

Йерим өткүзгүчләр – өзиниң хас өткүзгүчлиги бойичә өткүзгүчләр билән диэлектриклар арисидики арилиқ һаләткә егә болидиған маддилар вә өткүзгүчләрдин хас өткүзгүчлигиниң арилашмилар концентрациясигә, температурисиға вә һәрхил шолилиниш түлириниң тәсирлиригә бағлинишлиқ.

Қаршилиқниң температурилик коэффициенти – өткүзгүчниң температуриси 1 K өскәнсири өткүзгүч қаршилиғини характерләйдиған физикилиқ миқдар.

Қошулмилиқ өткүзгүчлүк – акцепторлуқ вә донорлуқ қошулмиси бар йерим өткүзгүчтики өткүзгүчлүк.

Рекомбинация – ионларниң нейтрал молеулиларға бирикиш жәрияни.

Термистор – қаршилиғи температуриға бағлинишлиқ йерим өткүзгүч резистор.

Ток зичлиғи – ток күчиниң өткүзгүчниң тоғра қийилмисиниң нисбитигә тәң физикилиқ миқдар.

Транзистор – икки $p – n$ өтидиған йерим өткүзгүчлүк әсвап.

Хас өткүзгүчлүк – йерим өткүзгүчләрниң электронлук-төшүклүк өткүзгүчлиги. **Термоэлектронлуқ эмиссия –** металлни жуқарқи температуриғичә қиздуруш җәриянида униңдин бош электронларниң чиқиши.

Урулуш арқилиқ ионлаш – атомлар яки молекулиларниң чапсан электронлар билән урулушиниң нәтиҗисидә иҗабий зарядләнгән ионларниң пәйда болуш җәрияни.

Фоторезистор – қаршилиғи йоруқлинишқа бағлиқ болидиған йерим өткүзгүчлүк резистор.

Электролитлар – судики еритмилири билән еритиндилири өткүзгүчләр болидиған маддилар.

Электролитлик диссоциация – еритминиң тәсиридин молекулиниң ионларға бөлүнүши.

Электролиз – электролит арқилиқ ток өткәндә электродларда таза маддиларниң бөлүнүш һадисиси.

Электрохимиялик эквивалент – электролит арқилиқ бирлик заряд өткән чағда электродта маддиниң қандақ массиси бөлүнидиғанлиғини көрситидиған физикилиқ миқдар.

Электрон-шолилиқ нәйчә – электр тизмисидики чапсан өзгиридиған электромагнитлиқ һадисиләрни тәтқиқ қилидиған вакуумлуқ әсвап.

13-БАП

МАГНИТ МӘЙДАНИ

Магнетизм тарихи Кичик Азияниң кона тәрәққиятидин башланди. Кичик Азия тәвәсидиги Магнезиядин бир-биригә тартилидиған таш канини тапқан. Йәрниң атилишиға бағлиқ елинған үлгиләрни «магнетиклар» дәп атиған. Магнетиклар магнит мәйдани арқилиқ өз ара тәсирлишиду. Магнит мәйдани турақлиқ магнитсизму, һәрикәтлинидиған зарядләнгән зәрриләр әтрапида пәйда болиду. Чоң йерилишлардин кейин, Аләмниң әң дәсләпки пәйда болуш мәзгилидин башлап, бошлуқ көплигән һәрикәттики протонлар, электронлар вә шундақла водород билән гелий ионлириға толған. 2010-жили Калифорния техникилиқ институтиниң Шиничиро Андо вә Лос Анджелесниң Калифорния университетиниң Александр Кусенко астрофизиклири асасән, массивлиқ қара түңлүкләр сүрәтлири бойичә Аләмниң риликтлиқ магнитлиқ фонини байқиди. Уларниң пикричә сүрәтләрниң еник болмиши – барлиқ аләмни қийип ятқан магнитлиқ фонға бағлинишлиқ.
Магнит мәйдани – һәрикәттики электр зарядигә, токи бар өткүзгүчкә, магнитлиқ моменти бар жисимларға тәсир қилидиған материя түри.
Магнит мәйданиниң техникилиқ пайдилинилиши барлиқ электротехникиниң, радиотехникиниң вә электроникиниң асасида ятиду. Магнит мәйданлири дефектоскопияда башқурулидиған термоядролуқ синтезләш шараитида иссиқлиқ плазмини тутуп туруш үчүн заярдләнгән зәрриләр иштикләткүчлиридә пайдилинилиду.

Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:

- һазирқи замандики техникиниң утуқлири (магнит ястуқлуқ поезд вә башқилири) вә һесапларни чиқириш асасида магнитлиқ индукция векториниң физикилиқ мәнасини чүшәндүрүшни;
- электр двигательлирида электр өлчигүч әсваплириниң иш ишләш принципини чүшәндүрүшни;
- андронлуқ коллайдерниң, токамакниң, магнитлиқ чәмбәрниң, циклотронниң иш ишләш принципини таллашни вә полярлиқ шолилинишниң тәбиитини чүшәндүрүшни;
- һәрикәттики зарядләнгән зәрриниң магнит мәйданиниң тәсирини тәкшүрүшни;
- маддиларни магнитлиқ хусусийитигә бағлинишлиқ синипларға бөлүш вә уларниң пайдилиниш саһасини ениқлаш;
- магнитлиқ материалларни (неодим магнити, датчиклар, сейсмографлар, металл детекторлар) пайдилинишниң һазирқи замандики йөнилишлирини таллап, уларниң пайдилиниш тенденциялирини анализ қилишни үгинисиләр.

§ 45. Токи бар өткүзгүчниң өз ара тәсирлишиши. Амперниң вә Эрстедниң тәҗрибилири. Магнитлиқ индукция вектори. Токи бар чәксиз түз вә чәмбәрлик өткүзгүчниң магнит мәйданиниң индукцияси. Бурға қаидиси

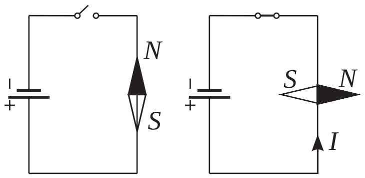
Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:
- *һазирқи заман техникисниң утуқлири (магнитлиқ ястуқлуқ поездлар вә башқилири) вә һесапларни чиқиришта магнитлиқ индукция векториниң физикилиқ мәнасини чүшәндүрүшни үгинисиләр.*

I. Эрстед тәҗрибилири

1820-жили Дания алими Эрстедқа тәҗрибә йүзидә токи бар өткүзгүч әтрапида магнит мәйданини ениқлаш мүмкинчилиги пәйда болди. У меридиан бойида орунлашқан өткүзгүч үстигә инчикә магнит тилчини илип қойди *(261-сүрәт)*. Ачқуч туюқланған чағда магнит тилчә бурулуп, өткүзгүчкә тик булуң ясап орунлишиду. Эрстед тәҗрибини газлар билән толтурулған газ разрядлиқ вә электролитлири бар трубкилар билән қайтилап жүргүзүп, төвәндики нәтиҗигә кәлди: һәрқандақ муһитта һәрикәтлинидиған зарядләрниң әтрапида магнит мәйдани пәйда болиду.

Электр токиниң үч тәсириниң (иссиқлиқ, химиялик вә магнитлиқ) ичидә пәқәт магнитлиқ тәсирила һәрқандақ муһитта вә һәрқандақ шәртләрдә билиниду.



261-сүрәт. *Эрстед тәҗрибиси*

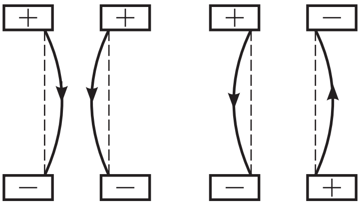
Җавави қандақ?

Немишкә Эрстед тәҗрибә өткүзүш җәриянида токи бар өткүзгүчни Йәр меридианисиниң бойида орунлаштурди?

II. Ампер тәҗрибилири

Ампер турақлиқ магнит мәйданиниң токи бар өткүзгүчкә тәсирини вә токи бар өткүзгүчләрниң өз ара тисирини қараштуриду. У бирнәччә тәҗрибиләрни жүргүзүп, нәтиҗидә төвәндики йәкүнгә кәлди:

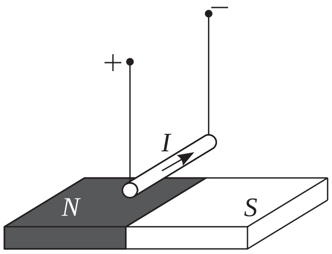
1) әгәр икки параллель өткүзгүчтики токларниң йөнилишлири охшаш болса, улар бир-биригә тартилиду, токларниң йөнилишлири қариму-қарши болса, тепилиду *(262-сүрәт)*;
2) инчиккә жипқа илинған токи бар өткүзгүч япилақ магнит оқиға перпендикуляр орунлашқан *(263-сүрәт);*
3) Йәрниң магнит мәйдани токи бар рамиға вә магнитлиқ стрелкиға йөнәлгүчи тәсир көрситиду. Буниңда магнит тилчисиниң оқи орам тәкшилигигә перпендикуляр *(264-сүрәт)*.



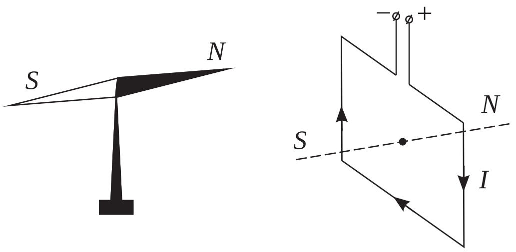
262-сүрәт. *Өткүзгүчниң ток билән тәсирлиниши*

III. Түз вә дүгләк токниң магнит индукцияси

Магнит мәйданиниң токи бар өткүзгүчкә күчлүк тәсирини характерләйдиған физикилиқ миқдарни магнит индукцияси дәп атайду.



263-сүрәт. *Тилимлик магнит билән токи бар өткүзгүчниң өз ара тәсирлишиши*



264-сүрәт. *Токи бар рамка тәкшилигигә перпендикуляр бошлуқта магнитлиқ стрелка охшаш йөнилиду*

Француз физиклири Ж.Био вә Ф.Савар 1820-жили тәҗрибә йүзидә түз сизиқлиқ ток үчүн магнит индукциясиниң миқдарини ениқлиди:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}, \qquad (1)$$

Бу йәрдә B – токи бар түз өткүзгүчниң магнит индукцияси, мәйданниң күчлүк характеристикиси; I – өткүзгүчтики ток күчи, a – бошлуқ чекитидин өткүзгүчкичә болған әң қисқа арилиқ *(265-сүрәт)*, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ *Н/А*^{2} – магнитлиқ турақлиқ. ХБСдики (интернационаллиқ система) магнит индукциясиниң өлчәм бирлиги – 1 тесла:

$$[B] = 1\,Тл = 1\frac{Н}{А \cdot м}.$$

Француз физиги вә математиги П.Лаплас експериментлиқ нәтиҗиләрни умумлаштуруп, һәрқандақ шәклидики өткүзгүч мәйданиниң магнит индукциясини ениқлашқа мүмкинчилик беридиған қанунийәтни ачти:

$$|\vec{B}| = \left|\sum_{i=1}^{n} \vec{B}_i\right| = \frac{\mu_0}{4\pi}\sum\frac{I_i \Delta l_i \sin\alpha_i}{R_i^2}, \qquad (2)$$

бу йәрдә $\vec{B}_i$ – мәйданниң магнит индукцияси, $I_i \Delta l_i$ – ток элементи, α_i – ток элементи билән мәйданниң магнит индукцияси ениқлинидиған бошлуқ чекити билән элементни қошидиған түз арисидики булуң; R_i – бошлуқниң берилгән чекитидин ток элементиғичә болған арилиқ.

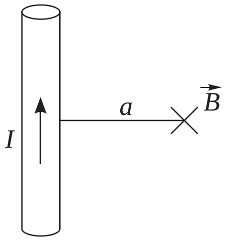
(2) қанунийәтлик – Био–Савар–Лаплас қанунининң математикилиқ ипадиси. Мошу қанун асасида дүгләк токниң магнит индукциясини һесаплаш формулиси елинған *(266-сүрәт)*:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}, \qquad (3)$$

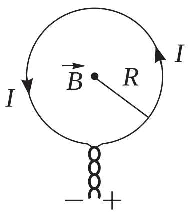
бу йәрдә R – орам радиуси.

Җавави қандақ?

Немишкә чақмақ, төмүр җисимларни электрләшкә қабилийәтлик?



265-сүрәт. *Токи бар өткүзгүчтин жирақлиғансири магнитлиқ индукция мәйдани азийиду*



266-сүрәт. *Оралминиң радиусини ашурғанда дүгләк токниң оттурисида магнит инлукцияси азийиду*

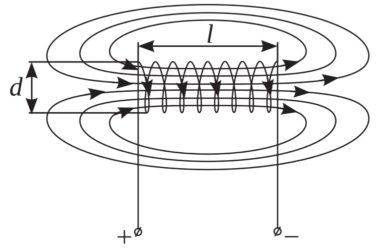
Мошу қанун бойичә һесапланған соленоид – орам сани N әң көп, узунлуғи орам диаметридин бирнәччә һәссә артуқ $l >> d$ болидиған катушкиниң ичидики магнит мәйданиниң индукцияси төвәндикигә тәң:

$$B = \frac{\mu_0 IN}{l} \qquad (4)$$

яки

$$B = \mu_0 nI , \qquad (5)$$

буниңдики $n = \dfrac{N}{l}$ – бирлик узунлуқтики орам сани.



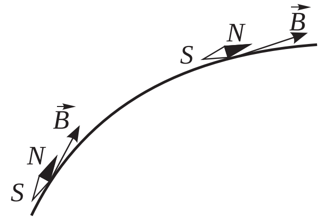
267-сүрәт. *Соленоид ичидики магнит мәйдани бирхил*

Мәйданниң магнит индукцияси токниң турақлиқ мәнасида турақлиқ миқдар болуп қалиду, демәк соленоид ичидики магнит мәйдани бирхил, күч сизиқлири өз ара параллель *(267-сүрәт).*

Био-Савар-Лаплас қануни магнит мәйданиниң суперпозиция принципи билән мувапиқ келиду:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + ... + \vec{B}_n .$$

Токи бар бирнәччә өткүзгүчтин пәйда болидиған магнит мәйданиниң индукциясини мошу мәйданларниң магнит индукциялириниң векторлуқ қошундиси ретидә ениқлайду.



268-сүрәт. *Магнитлиқ стрелкиниң шималий полюси магнит мәйданиниң күч сизиқлириниң йөнилишини көрситиду*

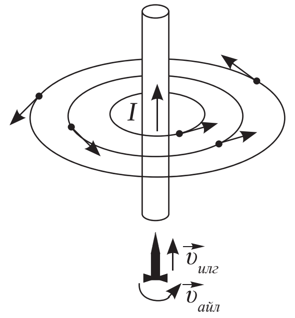
IV. Түз вә дүгләк токларниң магнит мәйданлириниң күч сизиқлири

Магнит мәйданиниң күч сизиқлири – һәрбир чекиттики магнит индукция векториниң йөнилишини көрситидиған яндашма сизиқлар.

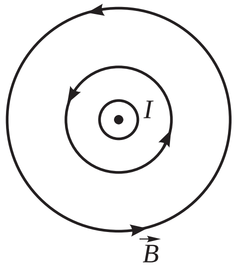
Магнит мәйдани сизиқлириниң йөнилишини магнитлиқ стрелкиниң шималий полюси көрситиду. (268-сүрәт). Бу йөнилишни мәйданниң магнит индукциясиниң йөнилиши дәп һесаплаш қобул қилинған. Түз вә дүгләк токниң магнит мәйдани күч сизиқлириниң йөнилишини бурға қаидиси билән ениқлайду.

Әгәр бурғиниң илгирилимә һәрикитини өткүзгүчтики ток йөнилиши билән мувапиқлаштурсақ, у чағда бурға туткучиниң айлиниш һәрикити магнит мәйданиниң күч сизиқлириниң йөнилиши көрситиду *(269-сүрәт).*

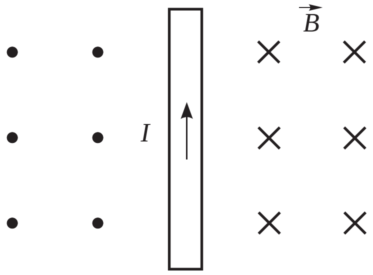
Магнит күч сизиқлирини тәкшиликтә тәсвирләш қолайлиқ болуш үчүн магнит индукция векторини оқ-я ретидә тәсвирләп, чекитләрни (оқ-яниң «учлири») вә айқашланған сизиқларни (оқ-яниң «қанатлири») пайдилинилиду. Әгәр вектор чекит түридә тәсвирләнсә, у чағда сүрәт тәкшилигигә перпендикуляр жуқури қарап йөнәлгән, әгәр айқаш сизиқ (*x*) түридә тәсвирләнсә, у чағда вектор сүрәт тәкшилигигә перпендикиляр, бирақ төвән қарап йөнәлгән болиду. 270-сүрәттә ток жуқури қарап ақидиған өткүзгүч кесиндиси көрситилгән. Өткүзгүч әтрапидики магнит мәйданиниң күч сизиқлири концентрлиқ чәмбәр түридә болуп келиду. Улар сағат тилиға қарши йөнәлгән. 271-сүрәттә қийилма токи бар өткүзгүчниң бойи билән орунлашқан, магнит мәйданиниң күч сизиқлири сүрәт тәкшилигигә перпендикуляр йөнәлгән, өткүзгүчниң сол тәрипидә улар жуқури қарап, оң тәрипидә төвән қарап йөнәлгән. *272 а, ә, б*-сүрәтләрдә бир яки бирнәччә орамлар үчүн дүгләк токниң күч сизиқлири көрситилгән.



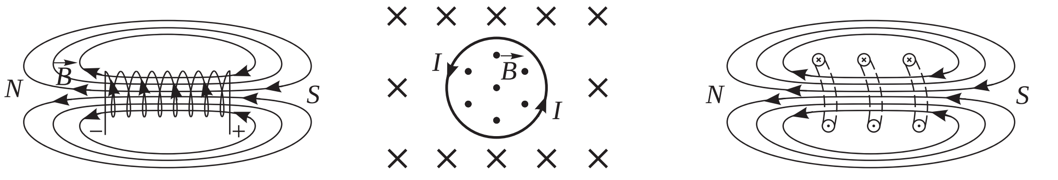
269-сүрәт. *Бурға қаидиси бочийә өткүзгүчниң магнит мәйданиниң күч сизиқлириниң йөнилишини ениқлаш*



270-сүрәт. *Өткүзгүчниң тоғра қийилмисидики күч сизиқлириниң тәсвири*



271-сүрәт. *Өткүзгүчниң бойлуқ қийилмисидики күч сизиқлириниң тәсвири*



а) *ә)* *б)*

272-сүрәт. *Дүгләк токниң күч сизиқзири*

Токи бар катушкиниң магнит мәйданиниң йөнилишини оң қол қаидиси билән оңай ениқлашқа болиду:

Әгәр оң қолумизни, катушкини тутуп, төрт бармиғимиз униң орамлиридики токниң йөнилишини көрситидиғандәк қилип қойсақ, у чағда 90° қа бурулған башмалтиғимиз магнит мәйданиниң йөнилишини көрситиду.

Электр мәйданиниң күч сизиқлириға қариғанда магнит мәйданиниң күч сизиқлири һәрқачан туюқ болиду.

А.Ампер дүгләк токниң магнит мәйдани билән түз магнитниң магнит мәйдани арисидики охшашлиқни байқап *(272, а-сүрәт вә 273-сүрәт)*, 1820-жили төвәндики гипотезини тәклип қилди: турақлиқ магнитларниң магнитлиқ хусусийәтлири униңдики элементар дүгләк токларниң бар болушиға асасланған. Атомниң түзүлүши саһасида йеңилиқларниң ечилишиға бағлиқ, ядро әтрапида электронларниң һәрикәтлинишидин элементар токлар пәйда болидиғанлиғи ениқланди. 274-сүрәттә магнитланған төмүр брусогида элементар токларниң рәт билән орунлишиши көрситилгән.

Брусокни бөләкчиләргә бөлгән вақитта элементар токларниң орунлишиши өзгәрмәйду. Кичик брусокма

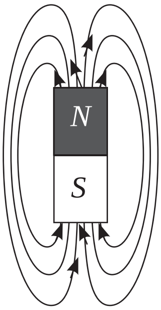
1-тапшурма

272, а, б-сүрәтлиригә қарап, бурға қаидиси яки оң қол қаидиси бочийә дүгләк токтин пәйда болған магнит мәйданиниң күч сизиқлириниң йөнилишини ениқлаңлар.

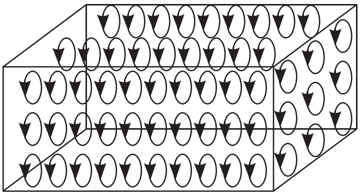
2-тапшурма

276-сүрәткә қарап, «магнитлиқ ястуқтики» поездни һәрикәткә кәлтүридиған вә левитацияга учритидиған системиниң иш принципини чүшәндүрүңлар. Интернет торидики әхбарат мәнбәлирини пайдилинип, Берлиндики, Бирмингемдики, Шанхайдки, Японийдики дәсләпки магнитлиқ асмидики поездларниң технологиясини селиштуруңлар.

йоған брусок охшаш хусусийәтләргә егә болиду. Ампер гипотизиси магнит полюслириниң ажримайдиған вә йоған магнит бөләклиридин кичик магнитларниң пәйда болушини оңай чүшәндүриду.



273-сүрәт. *Тилимлиқ магнитниң магнит мәйдан*

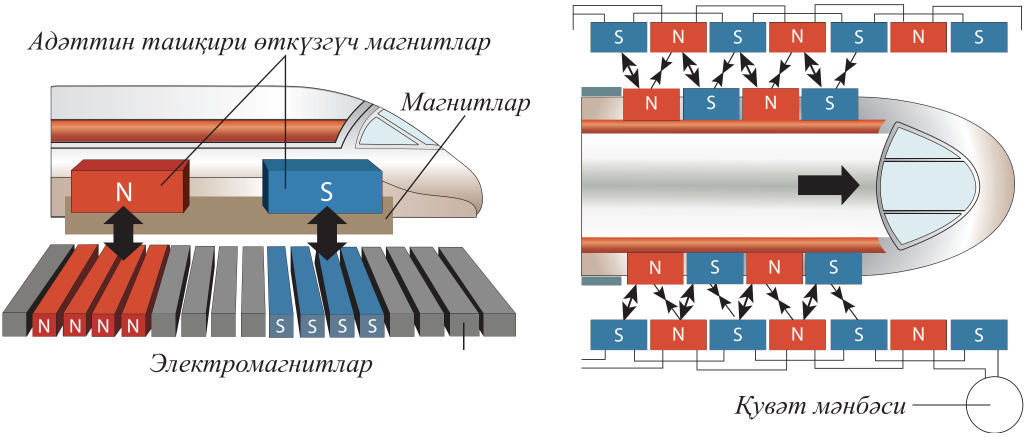


274-сүрәт. *Ядро әтрапида электронларниң айлиниш һәрикитидин магнит мәйданиниң пәйда болуши*

Бу қизиқ!

Тель-Авив дуниядики магнитлиқ илғучтики автомобиль системиси бар шәһәргә айлинишни мәхсәт қилмақта (275-сүрәт) Бу системини Калифорниядги Эймс намидики НАСА тәтқиқ қилиш оттурилиғиға асасланған *SkyTran* компанияси билән НАСА инженерлири ясиди. Компания буни автомобиль вә автобусқа нисбәтән таза, әрзән вә илдам, экологиялик таза система демәктә.

275-сүрәт. *Магнитлиқ илғучтики автомобиль*

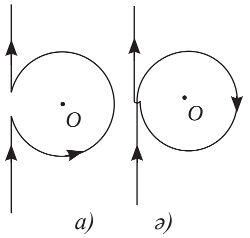


276-сүрәт. *Поездниң «магнитлиқ ястуғидики» асма системиси*

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Бойи билән I ток еқиватқан чәксиз узун өткүзгүчниң *1, а-сүрәттә* тәсвирләнгәндәк орими бар. O чекитидики магнит мәйданиниң индукцияси мошу чекиттики түз токниң *1, ә-сүрәттә* магнит индукциясидин қанчә һәссә пәриқлиниду?

Берилгини:	**Йешилиши:**
I	Өткүзгүч, *а-сүрәттә* көрситилгәндәк әгилгән вақитта түз ток билән орам һасил қилған магнит мәйданиниң индукция векторлири $\vec{B}_1$ вә $\vec{B}_2$, қариму-қарши йөнәлгән, шуниң үчүн:
$\frac{B_0}{B_0'}$ – ?	$B_0 = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 I}{2r}\left(\frac{1}{\pi} - 1\right).$



Өткүзгүч, *ә-сүрәттә* көрситилгәндәк әгилгән вақитта магнит мәйданиниң индукция векторлири бир йөнилиштә йөнәлгән, демәк:

$$B_0' = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0 I}{2r}\left(1 + \frac{1}{\pi}\right), \text{ у чағда } \quad \frac{B_0}{B_0'} = \frac{\pi - 1}{\pi + 1}$$

Җавави: $\frac{B_0}{B_0'} = \frac{\pi - 1}{\pi + 1}$

Тәкшүрүш соаллири

1. Магнит мәйданини қандақ һасил қилишқа болиду?
2. Токи бар өткүзгүчләр қандақ тәсирлишишиду?
3. Магнит мәйданини қандақ тәсвирләйду?
4. Бурға қаидиси билән немини ениқлайду?
5. Токи бар өткүзгүч мәйданиниң магнит индукцияси ток күчигә қандақ бағлиқ?
6. Ампер гипотезисиниң мәнаси немидә?

Көнүкмә 45

1. Икки полат брусок берилгән, уларниң бири магнитланған. Мошу брусоклардин башқа һеч нәрсә пайдиланмай, қайси брусокниң магнитланғанлиғини билишкә болиду?
2. Чәксиз узун өткүзгүчтики ток күчи I = 20 *А* тәң. Өткүзгүчтин r = 5 *см* жирақлиқтики чекиттики магнит индукциясини ениқлаңлар.
3. Икки параллель өткүзгүч бир-биридин d = 5 *см* арилиқта орунлашқан. Өткүзгүчләргә қариму-қарши йөнилиштә охшаш I = 10 *А* ток. Биринчи өткүзгүчтин вә иккинчи өткүзгүчтин r_1 = 2 *см* арилиқтики чекиттики магнит индукциясини ениқлаңлар.
4. Радиуси R = 5,8 *см* дүгләк ток мәйданиниң мәркизидики магнит индукцияси $B = 1{,}3 \cdot 10^{-4}$ *Тл*. Ток күчини тепиңлар.

Иҗадий тапшурма

Төвәндә берилгән мавзуларға *ppt* презентация тәйярлаңлар:

1. Адәттин ташқири өткүзгүч магнитлар.
2. Магнитларни техникида пайдилиниш.

§ 46. Ампер күчи. Сол қол қаидиси

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *электр өлчигүч қураллириниң вә электр двигательлириниң иш ишләш принципини чүшәндүрүшни үгинисиләр.*

Өз тәҗрибәңлар

Амперниң тәҗрибисини қайтилаңлар.

Турақлиқ ток мәнбәсигә өткүзгүчни қошуп, мәйданға тақа шәклидики магнитни йеқинлаштуруңлар (277-сүрәт).Токи бар өткүзгүчниң чәтнишини өлчәп елиңлар. Магнитниң полюслирини алмаштуруңлар, өткүзгүчниң чәтнәш булуңи қандақ өзгиридиғанлиғини ениқлаңлар. Тәҗрибини икки магнит билән қайтилаңлар. Өткүзгүчтики ток күчини өзгәртиңлар. Ясалған тәҗрибини йәкунләңлар.

1-тапшурма

Сол қол қаидисини пайдилинип 277 а, вә ә-сүрәтлиридә көрситилгән токи бар өткүзгүчниң чәтниши дурус тәсвирләнгәнлигигә көз йәткүзүңлар.

I. Ампер қануни

А.Ампер ясиған тәҗрибиләр токи бар өткүзгүчкә тәсир қилидиған күч магнит индукцияси миқдариға вә униң йөнилишигә бағлиқ екәнлигини көрситиду. Буниңға 277-сүрәттә кәлтүрүлгән тәҗрибидин көз йәткүзүшкә болиду.

Магнит мәйдани тәрипидин токи бар өткүзгүчкә тәсир қилидиған күчни Ампер күчи дәп атайду.

Ясалған тәҗрибиләрниң нәтиҗисидә Ампер төвәндикичә йәкун ясиди:

Токи бар өткүзгүчкә магнит мәйдани тәрипидин тәсир қилидиған күч магнит индукциясиниң *B* перпендикуляр тәшкил қилғучисиниң, *I* ток күчиниң вә өткүзгүч *l* узунлуғиниң көпәйтиндисигә тәң.

$$F_A = B_{\perp} Il \text{ яки } F_A = BIl\sin\alpha, \qquad (1)$$

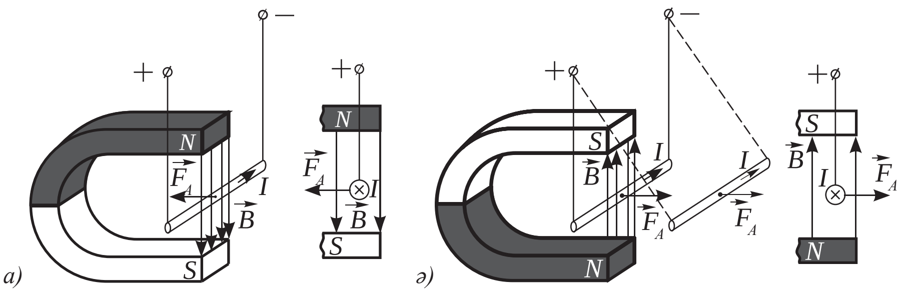
буниңдики α – $\vec{B}$ магнит индукцияси вектори билән ток йөнилиши арисидики булуң. Елинған формулидин, әгәр $\sin\alpha = 1$ яки $\alpha = 90°$ болса, өз ара тәсирлишиш күчиниң әң чоң мәнаға егә болидиғанлиғини байқаймиз.

Ампер қануниниң асасида магнит мәйданиниң күчлүк характеристикиси ретидә магнит индукциясиниң физикилиқ мәнаси ечилди:

$$B = \frac{F_A}{Il\sin\alpha} \qquad (2)$$

вә магнит индукциясиниң өлчәм бирлиги билән күчниң өлчәм бирлиги арисидики мунасивәт орнитилди:

$$[B] = 1\ Тл = 1\frac{Н}{А \cdot м}.$$



277-сүрәт. *Магнит мәйданидики токи бар өткүзгүчниң чәтниши*

II. Ампер күчиниң йөнилиши

Ампер күчиниң йөнилишини сол қол қаидиси бойичә ениқлайду.

Әгәр сол қолумизни, магнит индукция вектори алиқинимизни тешип өтидиғандәк қилип, ечилған төрт бармиғимизни токниң йөнилишини көрситидиған қилип орунлаштурсақ, у чағда 90°-қа ечилған башмалтиғимиз Ампер күчиниң йөнилишини көрситиду.

Әгәр магнит индукцияси векториниң йөнилииши билән өткүзгүчтики ток күчи арисидики булуң 90°-ни тәшкил қилса, у чағда сол қол қаидиси орунлиниду. Әгәр булуң 90°-тин кичик яки чоң болса, у чағда магнит индукцияси векторини $\vec{B}$ токи бар өткүзгүчкә нисбәтән параллель вә перпендикуляр һасил қилғучиларға ажритиш керәк *(278-сүрәт)*.

$$B_{\perp} = B\sin\alpha. \qquad (3)$$

Ампер күчиниң йөнилиши перпендикуляр тәшкил қилғучиси бойичә ениқлиниду.

III. Параллель токларниң өз ара тәсирлишиш күчи

Бир-биридин R арилиқта параллель орунлашқан өткүзгүчләр арқилиқ I_1 вә I_2 токлири өтүватиду дәйлуқ. Биринчи өткүзгүчниң магнит мәйдани иккинчи өткүзгүчкә *(279-сүрәт)*, Ампер қануниға мувапиқ,

$$F_A = B_1 I_2 l\sin\alpha \qquad (4)$$

күч билән тәсир қилиду.

Токи бар түз өткүзгүч мәйданиниң индукцияси төвәндикигә тәң:

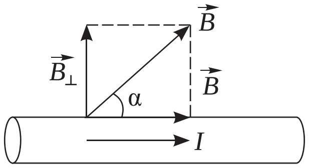
$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}. \qquad (5)$$

(5) ни (4) кә қоюп, токи бар түз өткүзгүчниң өз ара тәсирлишиш күчини һесаплаш формулисини алимиз:

$$F_A = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}. \qquad (6)$$

IV. Магнит мәйданидики токи бар рама

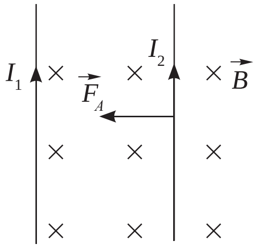
Ампер, токи бар өткүзгүчкә Йәрниң магнит мәйданиниң йөнәлгүчи тәсирини байқиди. Токи бар рамини тақа шәклидики магнит мәйданиға орунлаштуруп, униң айлинишини байқиди: рама ток пәйда қилған магнит мәйданиниң шималий полюсидин магнитниң җәнубий полюсиға бурулди. Бирхил мәйданда рама пәқәт айлинип һәрикәт ясиди *(280-сүрәт)*. Бирхил әмәс мәйданда, рама бурулуп, магнит мәйданиниң индукцияси көпийидиған тәрәпкә қарап силҗиди *(281-сүрәт)*.



278-сүрәт. *Магнитлиқ индукция векторини һасил қилғучиларға ажритиш*

Жавави қандақ?

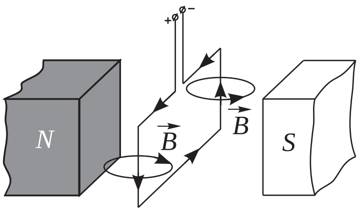
Немишкә токи бар өткүзгүч индукция векториға параллель орунлашқанда чәтнимәйду?



279-сүрәт. *Өткүзгүчниң ток билән тәсирлишиши*

Жавави қандақ?

Әгәр катушка арқилиқ турақлиқ ток өтсә, у чағда немишкә токи бар катушкиниң орамлири қисилиду?



280-сүрәт. *Турақлиқ магнитниң вә токи бар раминиң магнит мәйданлириниң тәсирлишиши*

V. Магнит мәйданидики токи бар рамиға тәсир қилидиған айландурғучи момент

Рамиға тәсир қилидиған күчләрниң айландурғучи моментини униң үч һалитидә ениқлаймиз:

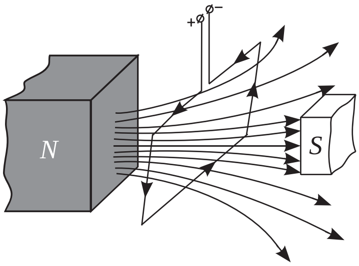
1. Токи бар рамини магнит полюслириниң арисиға рама мәйданиға чүширилгән нормал магнит индукцияси билән 90º булуң ясайдиғандәк орунлаштурайлуқ *(282 а, ә-сүрәт)*.

   Нормалниң рама мәйданиға йөнилишини контурдики токқа нисбәтән бурға қаидиси билән ениқлайду, у рамидики ток пәйда қилған хусусий магнит мәйданиниң йөнилиши билән мувапиқ келиду.

   Раминиң AB вә CD тәрәплири магнит индукция векториға параллель, демәк магнит мәйдани уларға тәсир қилмайду. AD вә BC тәрәплиригә миқдарлири бойичә тәң, бәт елишлири қаримуқарши тәрәпкә йөнәлгән Ампер күчлири тәсир қилиду. Күчләрниң чүшүш чекитлири һәр түрлүк, шуниң үчүн жүп күчләрниң тәсиридин рама саат тилиға қарши бурулиду. Күч моментлириниң қошундиси төвәндикигә тәң:

   $$M = M_1 + M_2 = F_A \frac{b}{2} + F_A \frac{b}{2} = F_A b = B \cdot I \cdot l \cdot b \sin\alpha,$$

   буниңдики b – раминиң кәңлиги, l – раминиң узунлуғи, α – $\vec{B}$ вә I векторларниң арисидики булуң.



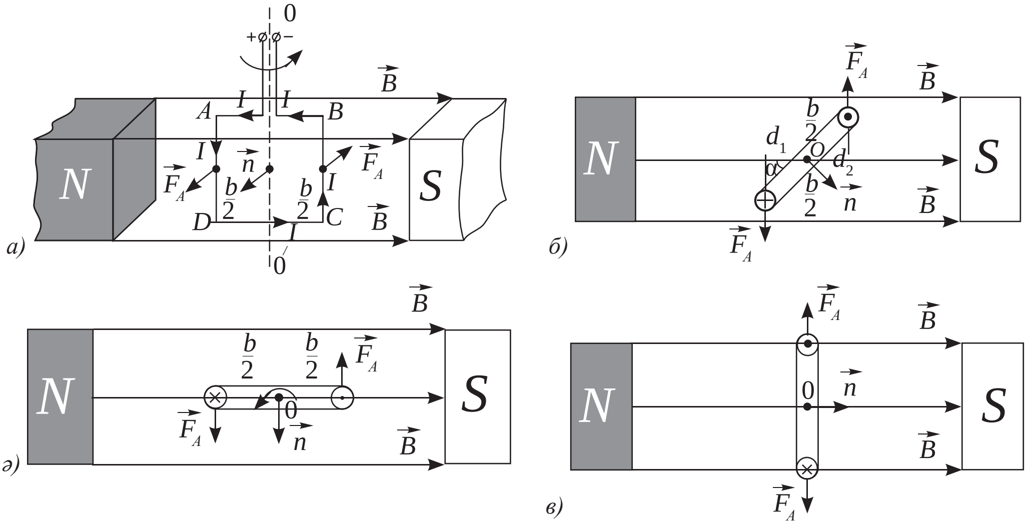
281-сүрәт. *Бирхил әмәс магнит мәйдандики токи бар рама*

Әстә сақлаңлар!!

Магнит мәйданида пәйда болған айлиниш моменти, токи бар рамини бурайду. Ениғирақ ейтсақ, рама мәйданиға турғузулған нормал магнит мәйданиниң күч сизиқлири бойи билән йөнилип бурулиду. Магнитлиқ стрелка йөнилишигә қарап бурайду.

Җавави қандақ?

Немишкә магнит мәйдандики токи бар рама тәңпуңлуқ һалитидә айлинишини тохтатмайду?



282-сүрәт. *Бирхил магнит мәйданида, токи бар айлинидиған раминиң һәр түрлүк орунлишишида Ампер күчиниң мүрилири өзгириду*

Раминиң узунлуғи билән кәңлигиниң көпәйтиндисини раминиң мәйдани билән алмаштурайлуқ: $S = lb$, у чағда: $M = BIS\sin\alpha$.

Булуң $\alpha = 90°$, у чағда $\alpha = 90°$, айландурғучи момент әң чоң мәнаға егә болиду:

$$M_{max} = BIS.$$

2. Рама қайси бир $\varphi = \omega t$ булуңиға бурулған вақиттики күч моментини ениқлайли, буниңдики ω – рама айлинишиниң булуңлуқ илдамлиғи *(282, б-сүрәт)*. Күч мүрилири өз ара тәң болиду: $d_1 = \frac{b}{2}\cos\varphi$, $d_2 = \frac{b}{2}\cos\varphi$, күчләрниң айландурғучи моментиниң мүрилириниң өзгиришини етиварға елип язимиз:

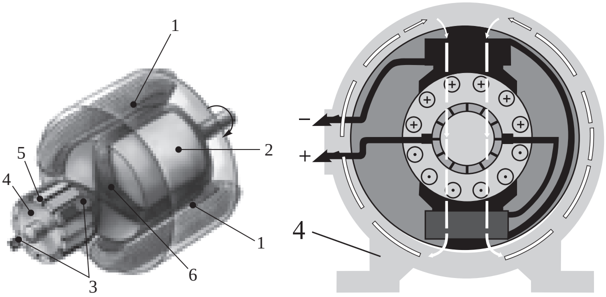
$$M = Fb\cos\varphi = BIS\cos\varphi$$

Раминиң бурулуш булуңини φ рама мәйданиға нормал билән магнит индукцияси вектори $\vec{B}$ арисидики булуң арқилиқ ипадиләйлуқ, уни α дәп бәлгүләйлуқ, шу чағда $M = BIS\cos(90° - \alpha)$ яки: $M = BIS\sin\alpha$.

3. Рамида нормал йөнилиши магнит индукция векториниң йөнилиши билән мувапиқ кәлгән вақитта күч мүрилири вә айландурғучи момент нөлгә тәң болиду *(282, в-сүрәт)*, раминиң мошундақ һалити тәңпуңлуқ һалити болиду.

Жавави қандақ?

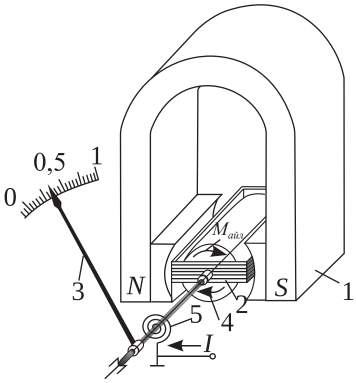
1. *Магнитоэлектрлиқ система әсваплиридики сердечник роли қандақ?*
2. *Немишкә магнитоэлектрлиқ әсваплар пәқәт турақлиқ ток вә күчинишни өлчәшкә беғишланған?*



284-сүрәт. *Электродвигатель*

2-тапшурма

287-сүрәттики магнитлиқ электрлиқ әсвапниң схемисиға қараңлар. Әсвапниң асасий бөләклирини вә униң иш ишләш принципини атаңлар. Қандақ әсвапниң иш ишләш принципи мошуниңға охшайду?



287-сүрәт. *Магнитоэлектр системилиқ өлчәйдиған әсвап*

3-тапшурма

Электр двигателиниң схемисиға қараңлар. 284-сүрәттә көрситилгән электродвигательлириниң асасий бөләклириниң аталғулирини көрситилгән номерларға мувапиқлаштур.

Двигательниң асасий бөләклири: статор, коллектор, щеткилар, ротор оралмиси, статор оралмаси, ротор сердечниги.

Двигательниң иш ишләш принципини чүшәндүрүңлар.

Жавави қандақ?

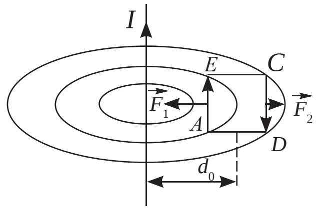
1. *Немишкә турақлиқ ток двигательниң коллектори айрим-айрим пластинилардин туриду?*
2. *Немишкә қувәтлик двигательларда турақлиқ магнитларниң орниға электромагнитларни пайдилинилиду?*

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Квадрат рама $I = 10\ A$ ток еқиватқан узун түз өткүзгүч сим йениға орунлаштурулған. Рама билән сим бир тәкшиликтә ятиду. Раминиң тәрипи $a = 10\ см$, симдин рама мәркизигичә болған арилиқ $d_0 = 15\ см$. Әгәр рама арқилиқ $I_0 = 0{,}1\ A$ ток өтидиған болса, рамиға қандақ күч тәсир қилиду?

Берил-гини:	**ХБС**
$I = 10\ A$	
$a = 10\ см$	$0{,}1\ м$
$d_0 = 15\ см$	$0{,}15\ м$
$I_0 = 0{,}1\ A$	
F–?	

Йешилиши:
Сим пәйда қилған мәйдан $B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$ бирхил әмәс: AE тәрипи CD тәрипигә қариғанда наһайити күчлүк магнит мәйданида жайлашқан *(сүрәткә қараңлар)*



$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi\left(d_0 - \frac{a}{2}\right)};\quad B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi\left(d_0 + \frac{a}{2}\right)}. \qquad (1)$$

Раминиң тәрәплиригә тәсир қилидиған Ампер күчлири төәндикигә тәң:

$$F_1 = I_0 B_1 \alpha; \qquad F_2 = I_0 B_2 \alpha.$$

Рамиға тәсир қилидиған күчләр қариму-қарши йөнәлгән, магнит индукцияси вектори билән рамидики ток күчи өз ара перпендикуляр, у чағда уларниң тәң тәсирлик күчи төвәндикигә тәң:

$$F = (F_1 - F_2) = I_0\alpha(B_1 - B_2). \qquad (2)$$

(1) формулини (2) формулиға қоюп монуни алимиз: $F = \dfrac{\mu_0 I \cdot I_0 a^2}{2\pi\left(d_0^2 - \dfrac{a^2}{4}\right)}$.

Һесаплашлар жүргүзимиз: $F = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7}\,\dfrac{H}{A^2} \cdot 10A \cdot 0{,}1A \cdot 0{,}01м^2}{2\pi\left(0{,}0225м^2 - \dfrac{0{,}01м^2}{4}\right)} = 10^{-7}\,H.$

Жавави: $F = 10^{-7}\,H$.

Тәкшүрүш соаллири

1. Ампер күчиниң йөнилишини қандақ ениқлайду? Ампер күчиниң мәнасини қандақ ениқлайду?
2. Ток күчиниң өлчәм бирлиги қандақ усул билән орнитилған?
3. Токи бар рамкиға бирхил магнит мәйдани қандақ тәсир қилиду? Бирхил әмәс магнит мәйданичу?

4. Магнит мәйданидики токи бар рамкиға тәсир қилидиған айландурғучи момент немигә тәң?
5. Айландурғучи момент раминиң магнит моменти билән қандақ бағлинишқан?

Көнүкмә 46

1. Узунлуғи $l = 1$ *м*-ға тәң токи бар түз сизиқлиқ өткүзгүчниң бойи билән $I = 1{,}5$ *А* ток өтиду. Өткүзгүч индукцияси $B = 0{,}1$ *Тл*-ға тәң магнит мәйданида орунлашқан. Магнит мәйданиниң күч сизиқлири өткүзгүч оқиға параллель болған шараиттики өткүзгүчкә тәсир қилидиған күчни ениқлаңлар.
2. Горизонталь магнит мәйданида түз сизиқлиқ өткүзгүч горизонтал вә магнит индукциясиниң сизиқлириға перпендикуляр орунлашқан. Өткүзгүчни униң симлирида тутуп туридиған тартилиш күчи нөлгә тәң болуш үчүн өткүзгүч арқилиқ өтидиған ток күчи қанчигә тәң болуши керәк? Магнит индукцияси $B = 0{,}01$ *Тл*. Өткүзгүч массисиниң униң узунлуғиға нисбити $m/l = 0{,}1$ *кг/м*.
3. Массиси $m = 0{,}1$ *кг* вә узунлуғи $l = 0{,}25$ *м* өткүзгүч стержень горизонтал бәт үстидә индукцияси $B = 0{,}2$ *Тл* бирхил горизонтал магнит мәйданиниң күч сизиқлириға перпендикуляр ятиду. Әгәр стержень арқилиқ $I = 10$ *А* ток өтсә, униң бирхил илгирилимә һәрикәтлиниши үчүн стержень оқиға перпендикуляр қандақ горизонтал күч чүшириш керәк болиду? Стержень билән бәтниң арисидики сүркилиш коэффициенти $\mu = 0{,}1$.
4. Түз өткүзгүч горизонтал бәкитилгән. Униңға параллель сол вертикал тәкшиликтә төвән, массиси $m = 1$ *кг* вә узунлуғи $l = 9{,}81$ *м* иккинчи түз өткүзгүч орунлашқан. Униң бойи билән $I = 2$ *А* ток өткүзиду. Жуқарқи өткүзгүч төвәнки өткүзгүчниң салмиғини тәңпуңлаштуруш үчүн жуқарқи өткүзгүчтики ток күчи қанчигә тәң болуши керәк?
5. Мәйдани $S = 400$ *см*^{2} рама бирхил магнит мәйданиға рамиға жүргүзүлгән нормал $B = 0{,}2$ *Тл* магнит индукцияси билән $\alpha = 60°$ булуң ясап орунлашқан. Рамидики ток күчи $I = 4$ *А*. Рамиға тәсир қилидиған айландурғучи моментни тепиңлар.

§ 47. Лоренц күчи. Магнит мәйданида зарядланған зәрриләрниң һәрикити

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *андронлуқ коллайдерниң, токамакниң, магнитлиқ қапқанниң, циклотронниң иш ишләш принципини таллашни вә полярлиқ йоруқлинишниң тәбитини чүшәндүрүшни;*
- *һәрикәттики зарядләнгән зәрриләргә магнит мәйданиниң тәсирини тәкшүрүшни үгинисиләр.*

Хендрик Антон Лоренц (1853–1928) – голландиялик физик, теоретик. Магнетизмниң шола чиқиришқа тәсирини тәкшүригини үчүн физика илими бойичә 1902-жили Нобель мукапитини алған. Париж вә Кембридж университетлириниң һөрмәтлик профессори, Лондон корольлуқ җәмийитиниң вә немис физика җәмийитиниң әзаси, 1881-жили нидерланд корольлуқ илим академиясиниң әзаси. Х.Лоренц йоруқниң электромагнитлиқ нәзәрийәсини вә материяниң электронлуқ нәзәрийәсини тәрәққий әткүзди.

I. Лоренц күчи

Ампер күчи – токи бар өткүзгүчкә тәсир қилидиған күч, ток – зарядләнгән зәрриләрниң рәтләнгән һәрикити болғанлиқтин, бир зарядләнгән зәрригә тәсир қилидиған күчни мону формула билән ипадиләшкә болиду:

$$F_Л = \frac{F_A}{N}, \qquad (1)$$

буниңдики, N – зарядләнгән зәрриләрниң сани.

Лоренц күчи – магнит мәйдани тәрипидин униңда һәрикәт ясап жүргән зарядләнгән зәрригә тәсир қилидиған күч.

Ампер қануниға мувапиқ:

$$F_A = BIl\sin\alpha, \qquad (2)$$

өткүзгүчтики ток күчини бир зәрриниң заряди бойичә ипадиләйлуқ:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{q_0 N}{t}. \qquad (3)$$

(2) вә (3) формулиларни (1)гә қоюп, төвәндикини алимиз:

$$F_Л = \frac{Bq_0 Nl\sin\alpha}{tN}$$

$v = \frac{l}{t}$ екәнлигини етиварға елип, Лоренц күчини һесаплаш формулисини алимиз, буниңдики v – зарядләрниң рәтләнгән һәрикитиниң илдамлиғи:

$$F_Л = q_0 Bv\sin\alpha, \qquad (4)$$

буниңдики α – магнит мәйданиниң индукция вектори $\vec{B}$ билән илдамлиғиниң арисидики булуң $\vec{v}$.

Иҗабий зарядләнгән зәрригә тәсир қилғучи Лоренц күчиниң йөнилишини сол қол қаидиси арқилиқ ениқлаймиз. Сәлбий зарядтики зәрриләрниң йөнилиши әксичә болиду.

Лоренц күчи өткүзгүчтә ток һасил қилидиған вә шуниңға охшаш бошлуқта әркин һәрикәтлинип жүргән зарядләнгән зәрриләргиму тәсир қилиду.

1-тапшурма

285-сүрәткә қараңлар. Лоренц күчиниң йөнилиши дурус селинғанму? Тапшурмини орунлаш үчүн қайси қаидини пайдиландиңлар?

II. Магнит мәйданида һәрикәтлинидиған зарядләнгән зәррә траекториясиниң әгирлик радиуси

Зарядләнгән зәррә магнит мәйданиға магнитлиқ индукция сизиқлириға перпендикуляр учуп кирсун дәйлуқ. Бу шараитта Лоренц күчи заряднин һәрикәтлиниш йөнилишигә перпендикуляр болғанлиқтин, у зәрригә мәркәзгә тартқучи иштикләш бериду. Лоренц күчиниң тәсиридин жисим радиуси R чәмбәр бойи билән бирхил һәрикәтлиниду *(285-сүрәт)*.

Иштикләш билән һәрикәтлинидиған зарядләнгән зәррә үчүн Ньютонниң II қануни орунлиниду:

$$m\vec{a} = \vec{F}_Л . \qquad (5)$$

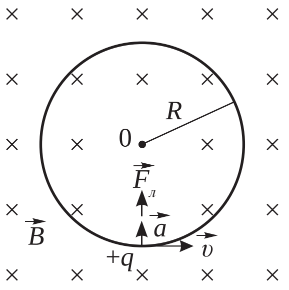
(5) тәңлимигә Лоренц күчиниң һесаплаш формулисини (4), иштикләшни илдамлиқ квадратиниң айлиниш радиусиниң нисбити билән $a_{ц.т.} = \frac{\upsilon^2}{R}$ алмаштуруп қоюп, төвәндикини алимиз:

$$\frac{m\upsilon^2}{R} = qB\upsilon \sin\alpha \qquad (6)$$

Қараштуруватқан шараитта α = 90°, sinα = 1, бу вақитта (6) тәңлимисидин траекторияниң әгирлик радиуси төвәндикигә тәң екәнлиги келип чиқиду:

$$R = \frac{m\upsilon}{qB} . \qquad (7)$$

Зәррә илдамлиғи қанчә һәссә чоң болса, униң бирхил B = const магнит мәйданидики траекториясиниң әгирлик радиуси шунчә һәссә чоң болиду.



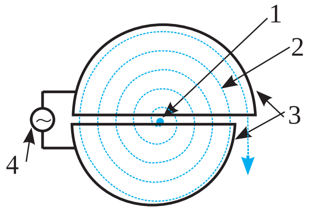
285-сүрәт. *Бирхил магнит мәйданниң күчлиригә перпендикуляр болидиған зәрриләрниң траекторияси чәмбәр болиду*

3-тапшурма

Циклотрондики зәрриниң периодини вә зәрриниң айлинишини һесаплайдиған формулини йәкүнләп чиқириңлар.

2-тапшурма

286-сүрәттә тәсвирләнгән циклотронниң иш ишләш принципини чүшәндүрүңлар.



286-сүрәт. *Циклотронниң принциплиқ схемиси 1 – чүшүш орни (протонлар, ионлар); 2 – иштикләйдиған зәррә траекторияси; 3 – иштикләйдиған электродлар (дуантлар); 4 – өзгәрмә күчиниш генератори, магнит мәйдани сүрәт тәкшилигигә перпендикуляр йөнәлгән*

4-тапшурма

ЙАК әсвавиниң принциплиқ схемисини қараштуруңлар *(288-сүрәт)*.
Асасий блоклири билән ЙАК бөләклирини атаңлар.

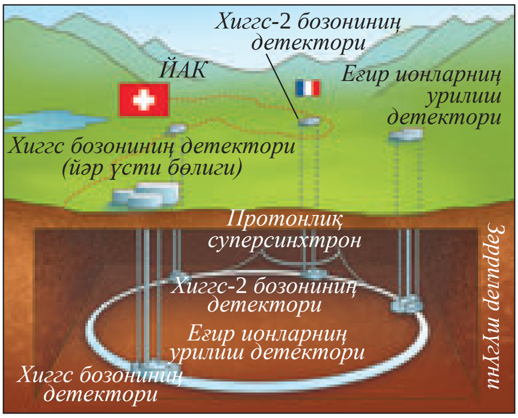
Жавави қандақ?

Айлиниш периодиға зәрриниң илдамлиғи тәсир қиламду?

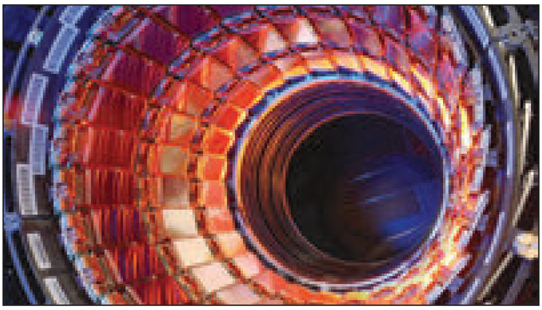
Зарядләнгән зәрриләрниң иштикләйдиған һәрикити билән уларниң урулуши вақтидики йеңи зәрриләрниң елиниши бир қатар әсвапларда қоллинишини тапти: циклотронда *(287-сүрәт),* коллайдерда *(288-сүрәт).*

Циклотронда һасил болидиған асасий радиоизотоплар: Cd-109, Ge-68, Tl-201, Co-57, Ga-67.

287-сүрәт. *Қазақстан Җумһурийитидики энергетика Министрлигиниң ядролуқ физика институтидики У-150М изохронлуқ циклотрони*



288-сүрәт. *Йоған андронлуқ коллайдер әсвавиниң принциплиқ схемиси (ЙАК)*



289-сүрәт. *Чаққан ионлуқ соленоид – протонларниң урулуш орни Соленоидта рәқәмлик фотоаппаратларға беғишланған детекторлар орунлаштурулған*

Җавави қандақ?

1. *Қариму-қарши түгүнләрдә коллайдерни циклотрон дәп аташқа боламду?*
2. *Иштиткүчләрниң йоған вә кичик тәңгилири немигә беғишланған?*
3. *Зарядләнгән зәрриләр қандақ мәйдан билән иштикләйду? Улар қандақ мәйдан билән орбитида тохтитилип туриду?*
4. *ЦЕРН (Европилиқ ядролуқ тәкшүрүш мәркизи) алим физиклириниң ЙАКда өткүзидиған тәкшүрүшләрниң асасий мәхсити қандақ? (288-сүрәт)*

III. Зарядләнгән зәрриләрниң винтлиқ траектория бойичә һәрикити

Әгәр зарядләнгән зәррә 90°-қа тәң әмәс қандақту бир булуң билән магнит мәйданиға учуп кирсә, у чағда у мәйданниң күчинишлик сизиқлириға түзүлидиған винтлиқ траектория билән һәрикәтлиниду *(290-сүрәт)*, Илдамлиқ векторини магнит индукциясиниң векториниң йөнилишигә нисбәтән перпендикуляр вә параллель қураштурғучилириға ажритимиз:

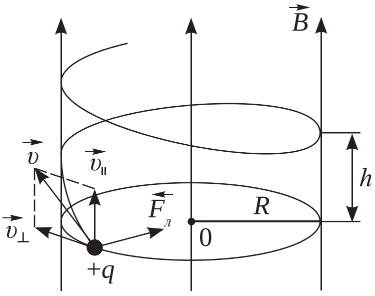
$$\upsilon_{\perp} = \upsilon\sin\alpha,\ \upsilon_{\parallel} = \upsilon\cos\alpha,$$

Бу қизиқ!

ЙАК пүткүл аләмдики әң йоған экспериментлиқ әсвап болуп тепилиду. Уни қуруш билән тәкшүрүшләрдә 100 мәмликәтниң 10 миңдин көп алимлири билән инженерлири қатнашқан вә мошу күнгичә қатнишип келиватиду.

буниңдики α – зәрриниң һәрикәт илдамлиғи $\vec{\upsilon}$ билән магнит индукциясиниң вектори $\vec{B}$ арисидики булуң. Зәррә Лоренц күчиниң горизонтал қураштурғучиси тәсиридин радиуси R чәмбәр сизиду:

$$R = \frac{m\upsilon \cdot \sin\alpha}{qB}. \qquad (8)$$



290-сүрәт. *α булуң ясап бирхил магнит мәйданға учуп киридиған зәрриниң витлиқ траекторияси*

Шуниң билән биллә зәррә мәйдан йөнилиши бойи билән инерция бойичә турақлиқ $\vec{\upsilon}_{\parallel}$ илдамлиқ билән һәрикәтлиниду. Бир айлиниш ясашқа кәткән вақитта

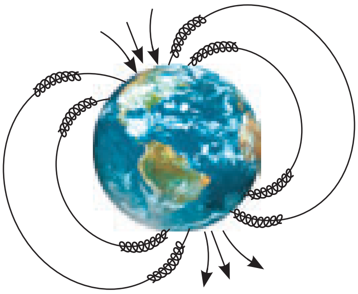
$$T = \frac{2\pi R}{\upsilon_{\perp}} = \frac{2\pi m}{qB} \qquad (9)$$

зәррә мәйдан йөнилиши билән төвәндики арилиққа йөткилиду:

$$h = \upsilon_{\parallel} T = \upsilon T\cos\alpha. \qquad (10)$$

Сәлбий зарядләнгән зәррә һәрикәтләнгән вақитта, айланма һәрикәт йөнилиши қариму-қарши болиду.

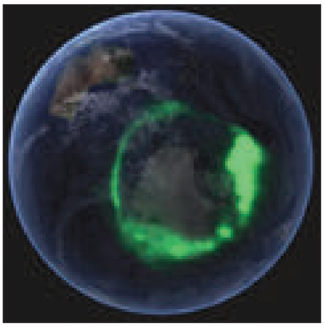
(9) тәңлимидин айлиниш периоди зәррә илдамлиғиға бағлиқ әмәс екәнлигини көрүшкә болиду.



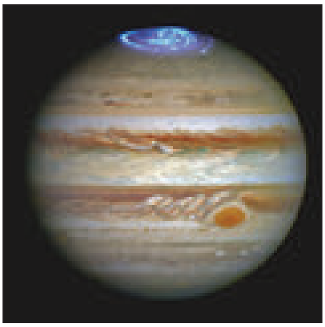
291-сүрәт. *Йәрниң магнит мәйданидики зарядләнгән зәрриләрниң һәрикити*

IV. Лоренц күчи вә полярлиқ шола чиқириш

Йәрниң полюслири әтрапда полярлиқ шола чиқириш пәйда болуши Йәрниң магнит мәйданиниң тәсири билән чүшәндүрүлиду. Космостин учуп кәлгән зарядләнгән зәрриләр Йәрниң магнит мәйдани бойи билән уларға *йөгишип айлинип туруп орун авуштуриду (291-сүрәт)*. Зәрриләр Йәргә полярлиқ җайларда йеқинлап, янғучи разряд – полярлиқ шола чиқириш һасил қилиду *(292-сүрәт)*. Полярлиқ шола чиқириш пәқәт Йәрдила болмайду. Чандра рентгенлиқ обсерваторияси Юпитерниң полярлиқ шола чиқиришини фото-сүрәткә чүшәргән *(293-сүрәт)*.



292-сүрәт. *Йәрдики полярлиқ шола чиқириш. Жирақтин чүширилгән сүрәт*



293-сүрәт. *Юпитердики полярлиқ шола чиқириш*

Җавави қандақ?

292 вә 293-сүрәтләргә қараңлар. Уларниң охшашлиғи билән пәрқини көрситиңлар.
Күн системисиниң қандақ сәйярилиридә полярлиқ шола чиқириш җүриду? Улар қандақ вақитларда байқилиду?

5-тапшурма

Электронни зарядләнгән зәрриләр дәп караштуруп, 298-сүрәттин магнит мәйданиниң күч сизиқлириниң йөнилишлирини көрситиңлар.

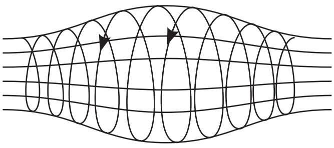
Җавави қандақ?

1. *Немишкә сәлбий зарядләнгән зәрригә тәсир қилидиған Лоренц күчини ениқлиған вақитта, төрт ечилған бармақларни зәрриниң һәрикитиниң йөнилишигә кариму-қарши йөнәлдүриду?*
2. *Немишкә бирхил әмәс мәйданда зарядләнгән зәрриниң траекториясиниң әгирлик радиуси өзгириду (294-сүрәт)?*

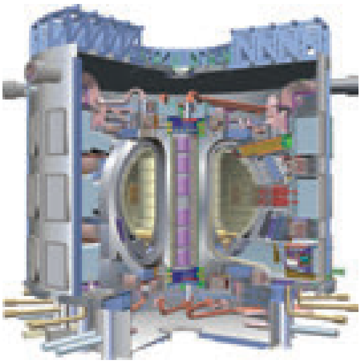
V. Магнитлиқ қапқан. Токамак

Бошлуқниң бәзи бөләклиридә зарядләнгән зәрриләрниң һәрикитини чәкләш үчүн ясалған магнит мәйданини магнитлиқ қапқан дәп атайду. Алдинқи мавзуларда караштурған әсваплар: циклотрон, ЙАК зарядләнгән зәрриләрни өзиниң айлиниш орбитилирида тутуп туруш үчүн магнитлиқ қапқанни пайдилинилиду. «ТОКАМАК» термоядролуқ реакцияларни әмәлгә ашуруш үчүн әсвапларда мошундақ принциплар пайдилинилиду. Магнитлиқ қапқан плазмини тутуп туриду, магнит мәйданниң күчлүк сизиқлири әтрапида айлинидиған плазминиң зарядләнгән зәрриләр билән өз ара тәсирлишиши нәтиҗисидә термоядролуқ реакторниң элементлири билән контакт болғанлиқтин, униң температуриси миллион градусқичә йетиду.

Термоядролуқ реакторниң һәрикәт қилиш принципини караштурайли. Ичидә водород ядролириниң өз ара тәсирлишиши болидиған «ТОКАМАК» камераси трансформаторниң иккинчи орими болиду *(295-сүрәт)*. Камеридин һавани чиқириду, униңдин кейин уни дейтерия билән тinduтия арилашмилири билән толтуриду. Йоған қувәтлик трансформаторниң биринчи ориминиң ярдими билән камерида қуюнлуқ электрлиқ мәйдани пәйда болиду. Электрлиқ мәйдан токниң еқиши билән камерида дейтерия билән тритиядидин плазминиң йенишини пәйда қилиду.



294-сүрәт. *Бирхил әмәс магнит мәйдандики зарядләнгән зәрриниң траекторияси*



295-сүрәт. *Трансформаторниң иккинчи орими «ТОКАМАК» камериси болуп тепилиду*

296-сүрәт. *Қазақстанлиқ «ТОКАМАК» термоядролуқ материал тонуштуруш проекти, у ЭКСПО – 17 көргәзмиси ечилған күни ШҚВда ишқа қошулған*
Мәнбә: Today kz ШҚВ Әхбарат мәркизи

Әстә сақлаңлар!

«ТОКАМАК» – **ТО**роидальлиқ **Ка**мера **МА**гнитлиқ **К**атушкилиқ.
Плазма – ионланған газ.

Жавави қандақ?

1. *«Токамак» проектиниң асасий идеяси қандақ (296-сүрәт)? Реакторниң қошулуши немишкә ЭКСПО 17 көргәзмисиниң ечилиши билән бағлаштурулған?*
2. *«Токамак» әсвавиниң ишқа қошулуши Йәр хәлқини энергия билән тәминләш мәсилисигә қандақ тәсир қилиши мумкин? У бизниң сәйяримизниң экологиясигә қандақ тәсир қилиду?*

Әстә сақлаңлар!

Лоренц күчиниң иши нөлгә тәң.

Һәрқандақ күчниң ишини асасий формула бойичә ениқлашқа болиду: $A = FS\cos\alpha$. Лоренц күчи һәрқачан илдамлиққа вә зәрриләрниң орун авуштуришиға перпендикуляр болғанлиқтин, көпәйткүчиси $\cos\alpha = 0$. Шуниң үчүн Лоренц күчи иш орунлимайду. Зәрриниң энергияси өзгиришсиз қалиду, илдамлиқ турақлиқ болиду.

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Электрон кәңлиги $d = 30$ *см* бирхил магнит мәйданиниға, магнит индукциясиниң сизиғиға $\alpha = 30°$ булуң ясап учуп кириду. Электронниң дәсләпки орнидин экранғичә болған арилиқ $L = 40$ *см*. Экранға чүшкәнгичә электрон қанчә айлиним ясайду? Электрон илдамлиғи $\upsilon = 10^4$ *м/с*, магнит мәйданиниң индукцияси $B = 10^{-4}$ *Тл*.

Берилгини:	ХБС
$d = 30$ *см*	0,3 *м*
$\alpha = 30°$	
$L = 40$ *см*	0,4 *м*
$\upsilon = 10^4$ *м/сек*	
$B = 10^{-4}$ *Тл*	
N–?	

Йешилиши:

Электрон $\vec{B}$ векториға α булуң ясап олтуруп, магнит мәйданиға учуп киргәндә, винтлиқ сизиқ бойи билән һәрикәтлиниду *(316-сүрәт)*. Электрон һәрикитини икки һәрикәтниң: $\vec{B}$ перпендикуляр тәкшиликтә турақлиқ $\upsilon_1 = \upsilon\sin\alpha$ илдамлиқниң вә магнит индукцияизиқлири бойи билән турақлиқ $\upsilon_2 = \upsilon\cos\alpha$ қошундиси түридә қарштурушқа болиду.

Чәмбәр радиуси: $R = \dfrac{m\upsilon_1}{qB} = \dfrac{m\upsilon\cdot\sin\alpha}{qB}$, винт қәдими: $h = \upsilon_2 T = (\upsilon\cos\alpha)\,T$, бунинңдики T электронниң айлиниш периоди, у монуниңға тәң: $T = \dfrac{2\pi R}{\upsilon_1} = \dfrac{2\pi\cdot m}{qB}$

у чағда винт қәдими монуниңға тәң: $h = \dfrac{2\pi\cdot m\upsilon\cos\alpha}{qB}$, электронниң айлиниш сани: $N = \dfrac{L}{h} = \dfrac{qLB}{2\pi\cdot m\upsilon\cos\alpha}$.

Айлиниш санини һесаплаймиз:

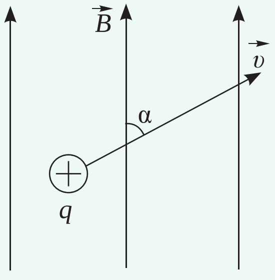
$$N = \frac{1,6\cdot 10^{-19}\,Кл\cdot 0,4м\cdot 10^{-4}\,Тл}{2\cdot 3,14\cdot 9,1\cdot 10^{-31}\,кг\cdot 10^{-4}\;м/сек\cdot 0,866} \approx 129\,.$$

Жавави: $N = 129$ айлиниш

Тәкшүрүш соаллири

1. Қандақ күчни Лоренц күчи дәп атайду?
2. Иҗабий зарядләнгән зәрригә тәсир қилидиған Лоренц күчини қандақ ениқлайду? Сәлбий зарядләнгән зәрригә тәсир қилидиған Лоренц күчиничу?
3. Зәррә қандақ траектория билән һәрикәтлиниду, әгәр а) униң һәрикәт илдамлиғи магнит индукция векториға параллель болса, б) илдамлиқ магнит индукция векториға перпендикуляр болса, в) илдамлиқ магнит индукция вектори билән 90° аз булуң ясиса?

Көнүкмә 47



297-сүрәт. *1-һесапқа*

1. $q = 2 \cdot 10^{-6}$ *Кл* чекитлик заряд индукцияси $B = 0{,}25$ *Тл* бирхил магнит мәйданиға $v = 8$ *м/сек* илдамлиқ билән учуп кирди. Зәррә илдамлиғи билән магнит индукцияси арисидики булуң $\alpha = 30°$ *(297-сүрәт)*. Зарядкә тәсир қилидиған күчниң модули билән йөнилишини ениқлаңлар.
2. Электрон индукцияси $B = 0{,}01$ *Тл* бирхил магнит мәйданида чәмбәр бойи билән $v = 10^6$ *м/сек* илдамлиқ билән һәрикәтлиниду. Электронға тәсир қилидиған күчни вә чәмбәр радиусини ениқлаңлар.
3. Индукцияси $B = 1$ *мкТл* болған электрон, бирхил магнит мәйданиниң әтрапиға, магнитлиқ индукция сизиқлириға пепендикуляр учуп кириду. Электронниң айлиниш чапсанлиғини ениқлаңлар.
4. Массиси $m = 10^{-22}$ *кг* вә заряди $q = 10^{-6}$ *Кл* зәррә индукцияси $B = 0{,}1$ *Тл* магнит мәйданида радиуси $R = 1$ *см* чәмбәр доғиси билән һәрикәтлиниватиду. Зәрриниң кинетикилик энергияси немигә тәң?
5. Индукцияси $B = 100$ *мкТл* бирхил магнит мәйданида винтлиқ сизиқ бойи билән электрон һәрикәтлиниватиду. Әгәр винтлиқ сизиқ радиуси $R = 5$ *см*, қәдими $h = 20$ *см* болса, электронниң илдамлиғи қандақ?

Иҗадий тапшурма

Төвәндики мавзулар бойичә әхбарат тәйярлаңлар:

1. Зарядталған зәрриләр иштикләшлириниң келип чиқиш тарихи.
2. Радиациядин қоғдиништа Йәриниң магнит мәйданиниң атқуридиған роли.
3. Магнит мәйданлири йоқ сәйяриләр.

§ 48. Маддиларниң магнитлиқ хусусийәтлири. Кюри температуриси

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:
- *маддиларни магнитлиқ хусусийитигә бағлиқ таллашни вә уларни пайдилиниш саһасини ениқлашни;*
- *магнитлиқ материаллар (неодим магнити, датчиклар, сейсмографлар, металл детекторлар) пайдилинишниң һазирқи замандики йөнилишлирини таллап, уларни пайдилиниш тенденциялириға анализ ясашни үгинисиләр.*

I. Маддиларниң магнитлиқ хусусийәтлири. Магнитлиқ өткүрлүк

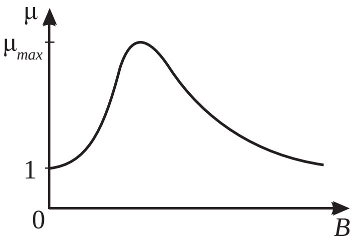
Магнитлиқ хусусийәтлиригә қарап барлиқ маддиларни шәртлик түрдә начар магнитлиқ вә күчлүк магнитлиқ дәп бөлиду. Маддиларниң магнитлиқ хусусийәтлириниң асасий характеристикиси магнитлиқ өткүрлүги болуп тепилиду.

Магнитлиқ өткүрлүк – маддидики магнит мәйдани индукциясиниң вакуумдики магнит мәйдани индукциясидин нәччә һәссә пәриқлинишини характерләйдиған физикилиқ миқдар.

$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

буниңдики μ – магнитлиқ өткүрлүк, B – маддидики мәйданниң магнит индукцияси, B_0 – вакуумдики мәйданниң магнит индукцияси.

Начар магнитланған маддиларниң магнитлиқ өткүрлүги биргә йеқинирақ. Магнитлиқ өткүрлүги бирдин $\mu > 1$ чоң *болуп келидиған маддиларни парамагнетиклар, бирдин кичик $\mu < 1$ болуп кәлгән маддиларни диамагнетиклар дәп атайду.* Қошумчидики 16-җәдвәлдә бәзибир маддиларниң магнитлиқ өткүрлүгиниң мәналири кәлтүрүлгән. *Күчлүк магнитланған* ферромагнетик маддиларниң магнитлиқ өткүрлүги йүз вә миңлиған бирликләргә йетиду, мәсилән төмүр үчүн $\mu \approx 5000$, никель билән төмүр арилашмилиридин туридиған пермаллой үчүн $\mu \approx 100000$. Ферромагнетикларниң магнитлиқ өткүрлүги турақлиқ әмәс, у сиртқи мәйданға бағлиқ, бағлинишлиқ графиги 298-сүрәттә көрситилгән. Сиртқи мәйданниң магнит индукциясини ашурғанда ферромагнетикларниң магнитлиқ өткүрлүги әң чоң мәнағичә артиду, шуниңдин кейин биргә йеқин мәнағичә азийиду: $\mu > 1$. Ферромагнетикларниң магнитлиқ өткүрлүги җәдвилидә уларниң максимал мәналири яки сиртқи магнит индукциясиниң бәлгүлүк мәналири берилгән.



298-сүрәт. *Ферромагнитларниң магнитлиқ өткүрлүгиниң сиртқи мәйданға бағлиқлиғи*

Әстә сақлаңлар!!

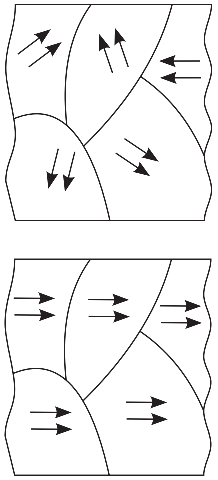
Ферромагнетик химиялик элементлар – төмүр, никель, кобальт, гадолиний

II. Ферромагнетизм тәбиити

Ферромагнетикларниң ичидә сиртқи магнит мәйдани болмиғанда өзлүгидин магнитланған даириләр – доменлар болиду. Бу даириләрдики спинлар бир йөнилишкә

йөнәлгән *(299, а-сүрәт)*. Магнит мәйдани болғанда доменлар чегарилири йоқап кетиду, уларниң магнит мәйданлири сиртқи мәйданниң магнит индукцияси вектори бойи билән йөнилиду, шуниң билән билллә сиртқи магнит мәйданини күчәйтиду *(299, ә-сүрәт)*.

Температуриниң жуқарқи мәналирида ферромагнетиклар магнитлиниш хусусийәтлиридин айрилиду. Һәрбир мадда үчүн температура бәлгүлүк бир мәнаға егә болиду, мошу температурини француз физиги П.Кюриниң һөрмитигә Кюри чекити дәп атайду. Кюри чекитидин жуқури температурида ферромагнетиклар парамагнетикларға айлиниду, уларниң магнитлиқ өткүрлүги биргә йеқин $\mu > 1$ мәнағичә азийиду.



299-сүрәт. *Ферромагнитларниң доменлири*

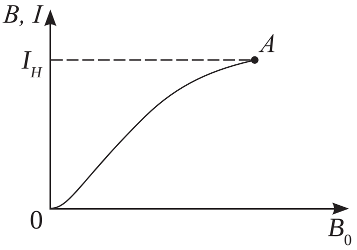
III. Ферромагнетиклар вә уларниң хусусийәтлири

Ферромагнетиктларниң асасий пәрқи – уларниң күчлүк магнитлиниш қабилийәтлиги вә магнитлинишини узақ вақит сақлап туруши.

Ферромагнетикларниң магнитлиниши сиртқи мәйданниң магнит индукциясигә $\vec{B}_0$ бағлиқ. Магнитланмиған төмүрни магнит мәйданиға йеқинлаштурсақ, сиртқи мәйданниң индукцияси артқанда төмүрниң магнитлинши әң чоң мәнағичә өсиду. Бу электронларниң орбитилиқ айлинишидин болидиған барлиқ элементар токлар сиртқи мәйдан билән бәлгүлүк бир йөнилиштә йөнәлгәнлигини билдүриду *(300-сүрәт)*. Магнитланған төмүр пәйда қилидиған магнит мәйданиниң индукцияси $\vec{B}$ әң чоң мәнаға егә болғанда, маддиниң магнитлиниши қениш манасиға йетиду. Сиртқи мәйданниң магнит индукциясиниң артиши маддиниң магнит мәйданиға тәсир қилмайду, төмүрниң магнитлиқ өткүрлүги биргә йеқин болиду: $\mu > 1$ *(298-сүрәт)*. Барлиқ ферромагнетиклар юмшақ вә қаттиқ магнитлиқ материаллар болуп икки топқа бөлүниду.

18-жәдвәл. Маддилар үчүн Кюри чекити

Мадда	Температура
Төмүр	767°С
Никель	360°С
Кобальт	1130°С



300-сүрәт. *Сиртқи мәйданниң магнитлиқ индукциясини ашурса, ферромагнитниң магнитлиниши артиду*

IV. Ферромагнетикларниң пайдилинилиши

Қайтидин чапсан магнитлиниш хусусийәтлиригә бағлиқ юмшақ магнитлиқ материаллар трансформаторларниң сердечнигини, двигательлар билән генераторларниң электромагнитлирини ясашта, магнитэлектрлиқ системиларниң өлчәш әсваплирида пайдилинилиду. Қаттиқ магнитлиқ ферромагнетикларни турақлиқ магнетиклар ясаш үчүн пайдилинилиду. Турақлиқ магнитларниң магнитлиниш хусусийитини сақлаш үчүн уларниң магнитлиқ сизиқлири туюқ болуши керәк. Тақа тәхлит магнит полюслири пластина – юмшақ магнитлиқ төмүрдин ясалған якорь билән қошулиду вә магнит ичидики молекулиларниң рәт билән орунлишиши узақ вақит сақлиниду. Япилақ

магнитларни сақлиған вақитта уларни һәр түрлик бәлгүлүк полюслири бир-биригә келидиғандәк қилип җүп ясап, магнитларниң полюслирини юмшақ төмүрдин ясалған якорь билән туюқлайду.

> **Җавави қандақ?**
> 1. *Немишкә юмшақ ферромагнетиклар турақлиқ магнит ясашқа ярамсиз?*
> 2. *Немишкә электромагнитлиқ кран ярдими билән қизған төмүрни тошуш мумкин әмәс?*

V. Неодим магнитлар вә уларниң пайдилинилиши

Өлчәмлири кичик болсиму, әң чоң тартилиш күчигә неодим магнитлири егә *(301-сүрәт)*. Улар – қәдимки магниттин 18 һәссә ашидиған энергияси бар күчлүк турақлиқ магнитлар. Магнитни әң биринчи 1982-жили *General Motors* компанияси *Sumitomo Special Metals* билән бирликтә ясиған.

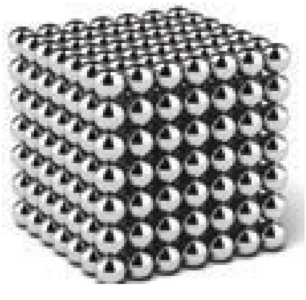
301-сүрәт. *Һәр түрлүк шәкилдики неодим магнитлири*

Неодим магнитлардин магнитлиқ қулупларни, су мәһсулатлирини тәркивидики металл бар қошулмилардин тазилаш үчүн магнитлиқ сепараторларни, һәр түрлүк җәриянларни шуниң ичидә, гидравликилиқ пресниң поршенлириниң һәрикитини автоматлаштуруш үчүн датчикларни ясайду *(302, а-сүрәт)*. Киридиған ишиккә орнитидиған һәрикәт датчиклири күзәт системисини түзүшкә мүмкинчилик бериду *(302, ә-сүрәт)*. Неодим магнитларниң пәйда болушиға бағлиқ генератор билән турақлиқ магнитлири бар двигательларни ясаш алаһидә мәсилигә айланди. Неодим магнитлирини сувенир билән зәргарлиқ буюмларни ясашта пайдилиниду. Заманавий қисқучлар, түгмиләр, музлатқучларға беғишланған магнитлар пәйда болди. Оюнчуқлар ясалди, мәсилән, конструктор оюнчуқлар, кубиклар. *(303-сүрәт)*. Метал издүгүчләр чоң еһтияҗға егә болди. Улар қудуқлардин, су коймилиридин, чоңқурлардин төмүрдин туридиған маддиларни издәш билән көтириш үчүн пайдилинилиду. Уларниң трос билән арқан үчүн алайтән қисқучлири болуп, диаметри 80 *мм* вә егизлиги 40 *мм* болидиған цилиндр 300 *кг* салмақни тутуп туриду *(304-сүрәт)*.

а)

ә)

302-сүрәт. *Неодим магнитидин ясалған датчиклар*



303-сүрәт. *Қол һәрикитини тәрәққий әткүзүшкә беғишланған кубик оюнчуқ*

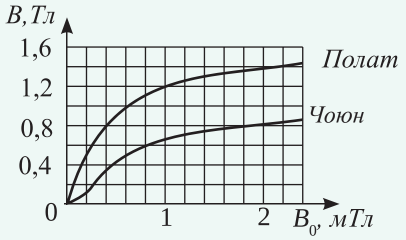
304-сүрәт. *Неодим магнитидин ясалған металл издигүч*

Тәкшүрүш соаллири

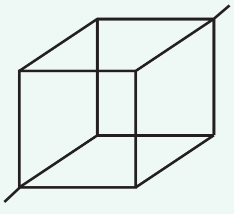
1. Маддилар магнитлиқ хусусийәтлиригә бағлиқ қандақ түрләргә бөлүниду?
2. Диамагнетизм, парамагнетизм вә ферромагнетизмларниң тәбиити қандақ?
3. Ферромагнетикларниң магнитлиниши сиртқи мәйданниң магнит индукциясигә қандақ бағлиқ?
4. Юмшақ магнитлиқ вә қаттиқ магнитлиқ ферромагнетикларниң пәрқи немидә?
5. Ферромагнетиклар қәйәрдә пайдилинилиду?

Көнүкмә 48

1. 305-сүрәттә тәсвирләнгән график бойичә магнитлиғучи B_0 мәйдан индукциясиниң, 0,4 вә 1,2 *мТл* тәң мәналиридики болидиған магнитлиқ өткүрлүгини ениқлаңлар.
2. Әгәр соленоидтики чоюн сердечникни өлчәмлири охшайдиған полат сердечник билән алмаштурса, магнит еқими нәччә һәссә өзгириду. Җавап бериш үчүн графикни *(305-сүрәт)* пайдилиниңлар.
3. Куб шәклидики каркас диагональлириниң қариму-қарши учлириға *(306-сүрәт)* турақлиқ күчиниш берилип, кубниң қирлири арқилиқ токлар жүриду. Кубниң мәркизидики магнит мәйданиниң индукцияси немигә тәң? Әгәр каркас ичигә әйнәк куб орунлаштурулса, магнит индукцияси қандақ өзгириду?



305-сүрәт. *1 вә 2-һесапқа*



306-сүрәт. *3-һесапқа*

Иҗадий тапшурма

Берилгән мавзулар бойичә әхбарат тәйярлаңлар:

1. «Угаклиқ металлургия» – турақлиқ магнитлар ясашниң заманавий технологияси.
2. Магнитлиқ материалларни пайдилинишниң заманавий саһалири.

13-бапниң йәкуни

Токи бар өткүзгүч мәйданиниң магнитлиқ индукцияси	Өз ара тәсирлишиш күчлири	Токи бар контурниң айланма һәрикитини характерләйдиған миқдарлар
Әркин өткүзгүч үчүн Био-Савар-Лаплас қануни $\|\vec{B}\| = \left\|\sum_{i=1}^{n} B_i\right\| = \frac{\mu_0}{4\pi}\sum\frac{I_i \Delta l_i \sin\alpha_i}{R_i^2}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\,\frac{H}{A^2}$ Түз өткүзгүч үчүн $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$ Айланма ток үчүн $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$ Соленоид үчүн $B = \mu_0 nI$ Мәйданларниң суперпозиция принципи $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + ... + \vec{B}_n$	Өткүзгүчи бар магнит мәйданиниң, Ампер күчи $F_A = BIl\sin\alpha$ Зарядләнгән зәррилири бар магнит мәйданиниң, Лоренц күчи $F_Л = \frac{F_A}{N}$ $F_Л = q_0 B\upsilon_{др.}\sin\alpha$ Токи бар икки параллель өткүзгүчниң өз ара тәсирлишиш күчи $F_A = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$	Айландурғучи момент $M = BIS\sin\alpha$ Раминиң магнитлиқ моменти $P_m = IS$ Траекторияниң әгирлик радиуси $R = \frac{m\upsilon}{qB}$, $R = \frac{m\upsilon \cdot \sin\alpha}{qB}$ Винтлиқ траектория қәдими $h = \upsilon_{\parallel} T = \upsilon T\cos\alpha$ Айлиниш периоди $T = \frac{2\pi R}{\upsilon_{\perp}} = \frac{2\pi m}{qB}$
Маддиларниң магнитлиқ өткүрлүги	$\mu = \frac{B}{B_0}$	

Қанунлар, қаидиләр

Бурға қаидиси:

Әгәр бурғиниң илгирилимә һәрикитини өткүзгүчтики ток йөнилиши билән мувапиқ кәлтүрсәк, у чағда бурға сепиниң айланма һәрикити магнит мәйданиниң күч сизиқлириниң йөнилишини көрситиду.

Оң қол қаидиси:

Әгәр оң қолумизни катушкиға төрт бармиғимизни униң орамлиридики токниң йөнилишини көрситидиғандәк қилип қойсақ, у чағда 90º егилгән башмалтиғимиз магнит мәйданиниң йөнилишини көрситиду.

Ампер қануни:

Бирхил манит мәйданида орунлашқан токи бар өткүзгүчкә ток күчигә вә магнит мәйданиниң индукциясиға пропорционал күч тәсир қилиду.

Сол қол қаидиси:

Әгәр сол қолумизни магнит индукция вектори алиқинимизға киридиғандәк қилип, төрт бармиғимизни токниң йөнилишини көрситидиғандәк қилип орунлаштурсақ, у чағда 90º егилгән башмалтиғимиз Ампер күчиниң йөнилишини көрситиду.

Глоссарий

Ампер күчи – магнит мәйдани тәрипидин токи бар өткүзгүчкә тәсир қилидиған күч.

Диамагнетиклар – магнитлиқ өткүрлүги $\mu < 1$ бирлигидин аз болидиған маддилар.

Қаттиқ магнитлиқ ферромагнетиклар – коэрцитивлиқ күчлириниң жуқури мәналири билән характерлинидиған материаллар.

Лоренц күчи – магнит мәйдани тәрипидин униңда һәрикәтлинип турған зарядләнгән зәрригә тәсир қилидиған күч.

Магнит мәйдани – һәрикәттики электр зарядигә, токи бар өткүзгүчкә, магнитлиқ моменти бар җисимларға тәсир қилидиған материя түри.

Магнит мәйданиниң күч сизиқлири – һәрбир чекиттә магнит индукцияси векториниң йөнилишини көрситидиған яндашма сизиқлар.

Магнитлиқ өткүрлүк – маддидики магнит мәйдани индукциясиниң вакуумдики магнит мәйдани индукциясидин нәччә һәссә пәрқи бар екәнлигини көрситидиған физикилиқ миқдар.

Маддиниң магнитлиниши – маддиниң бирлик һәҗимидики атомларниң магнитлиқ моментлириниң векторлуқ қошундисиға тәң физикилиқ миқдар.

Парамагнетиклар – магнитлиқ өткүрлүги $\mu > 1$ бирлигидин ошуқ болидиған маддилар.

Ротор – двигательниң һәрикәтлинидиған бөлиги, сердечникниң пазилирда орунлаштурулған сим рамкилири.

Статор – двигательниң һәрикәтләнмәйдиған бөлиги.

Турақлиқ токниң двигатели – турақлиқ токниң электр энергиясини механикилиқ энергиягә айландуридиған электрлиқ машина.

Ферромагнетиклар – магнитлиқ өткүрлүги жуқури маддилар.

Юмшақ магнитлиқ ферромагнетиклар – қалдуқ индукцияси вә коэрцитивлиқ күчи аз ферромагнетиклар.

14-БАП

ЭЛЕКТРОМАГНИТЛИҚ ИНДУКЦИЯ

Электромагнитлиқ индукция һадисисини 1831-жили Майкл Фарадей ачқан. У электр токи билән магнит мәйданиниң үзлүксиз бағлинишини ениқлиди. XIX әсирдә электромагнитлиқ индукция һадисисиниң ечилишидин кейин электротехника вә радиотехника чапсан тәрәққий етишкә башлиди. Электромагнитлиқ һадисиниң асасида электр энергиясиниң индукциялик генератори, трансформаторлар кәшип қилинишқа башланди. Электр энергиясини жирақ арилиқларға йәткүзүш мүмкин болди.

Бапни оқуп-үгиниш арқилиқ силәр:

- электромагнитлиқ әсвапларниң (электромагнитлиқ реле, генератор, трансформатор) тәсир қилиш принциплириға анализ ясаш;
- һесаплар чиқириш жәриянида электромагнитлиқ индукция қанунини пайдилинишни;
- механикилиқ вә магнит энергиялириниң арисидики охшашлиқларни тепишни;
- электродвигатель моделини тәкшүрүшни вә елинған нәтиҗиләрни Фарадей қануни билән Ленц қаидисини пайдилинип, чүшәндүрүшни үгинисиләр.

§ 49. Электромагнитлиқ индукция һадисиси. Магнит еқими. Ампер күчиниң иши

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *электромагнитлиқ әсвапларниң (электромагнитлиқ реле, генератор, трансформатор) тәсир қилиш принциплириға анализ ясашни үгинисиләр*

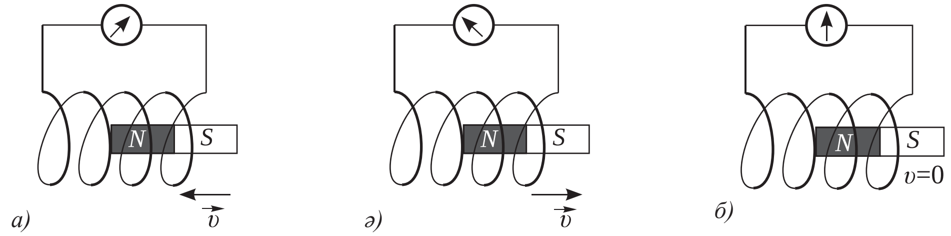
Өз тәҗрибәңлар

307-сүрәттә тәсвирләнгән катушка вә турақлиқ магнитни, шуниң билән биллә электромагнитни пайдилинип, тәҗрибә жүргүзүңлар. Тәҗрибә асасида елинған йәкүн билән дәрисликтики хуласә билән селиштуруңлар

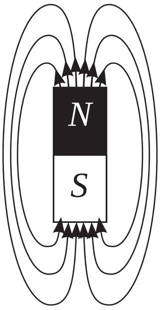
I. Электромагнитлиқ индукция һадисиси

Электромагнитлиқ индукция һадисисиниң ечилиши тәсадипий болмиди. М.Фарадей өткүзгүчниң әтрапида магнит мәйдани пайда болса, у чағда экси җәриянда болуши керәк дәп һесаплиди.

Заманавий әсвапларни пайдилинип, туюқ өткүзгүчтә қандақ вақитта индукциялик ток пайда болидиғанлиғини ениқлаш қийин әмәс. Гальванометр билән туюқланған катушкиға магнитни киргүзүп, қозғалтсақ, гальванометр тилчисиниң қозғилишини байқашқа болиду, у дегинимиз индукциялик токниң пайда болғинини билдүриду. *(307, а-сүрәт).* Магнитни алған чағда көрсәткүч қариму-қарши йөнилишкә йөткилиду, өткүзгүчтики ток өзиниң йөнилишини өзгәртиду *(307, ә-сүрәт)*. Әгәр магнит катушкиға нисбәтән һәрикәтләнмисә, гальванометр көрсәткүчи нөлни көрситиду, катушкида ток болмайду *(307, б-сүрәт)*.



307-сүрәт. *Индукциялик токниң күчи билән йөнилиши магнитниң һәрикәт илдамлиғи билән йөнилишигә бағлиқ*



308-сүрәт. *Тилимчә магнитниң магнит мәйдани бирхил әмәс*

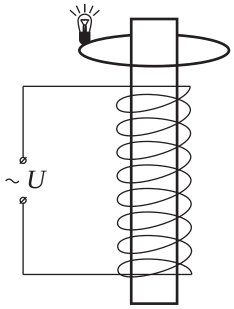
Катушкиға нисбәтән магнитниң орун алмаштуруши уни тешип өтидиған күч сизиқлириниң санининң өзгиришигә елип келиду, магнитқа йеқин әтрапта күч сизиқлири зич болиду *(308-сүрәт). Демәк, өткүзгүч өзгәрмә магнит мәйданида турған болса, у чағда индукциялик ток пайда болиду.*

Туюқ өткүзгүч контурини тешип өтидиған магнит еқиминиң өзгириши вақтида индукциялик токниң пайда болуши электромагнитлиқ индукция һадисиси дәп атилиду.

Өзгәрмә токи бар катушкиға қувити аз лампа билән туюқланған өткүзгүч контурни катушка вә контурниң оқлири бир сизиқниң бойида ятидиғандәк қилип йеқинлитимиз *(309-сүрәт)*. Лампа йенишқа башлайду, бу йәрдә катушка билән контурни бир-биригә нисбәтән қозғашниң һаҗити йоқ.

Туюқ өткүзгүч контуридики электромагнитлиқ индукция һадисиси төвәндики шәртләр орун алғанда байқилиду:

1) *әгәр өзгәрмә магнит мәйданидики контур, уни тешип өтидиған магнит мәйданиниң күч сизиқлириниң сани өзгиридиғандәк қилип һәрикәтләнсә;*
2) *әгәр контур өзгәрмә магнит мәйданида теч һаләттә болса.*



309-сүрәт. *Өзгәрмә магнит мәйданида орунлашқан туюқ контурда индукциялик токниң пәйда болуши*

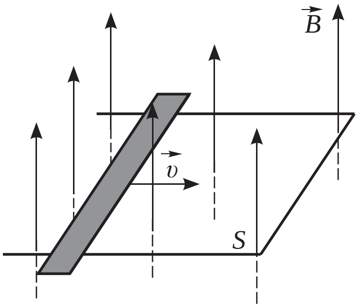
II. Магнит еқими. Магнит еқимини өзгәртиш усуллири

Магнит мәйданиниң күч сизиқлириниң қоюқлиғи униң күчлик характеристикисни, йәни магнит индукциясини ениқлайду. Контурни тешип өтидиған магнит мәйдани сизиқлириниң сани магнит еқимини характерләйду.

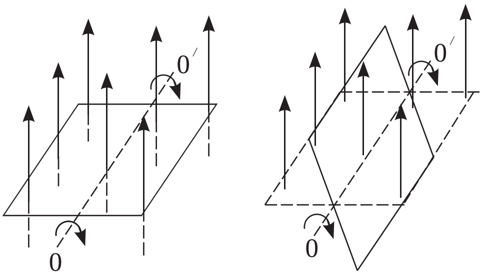
> **Магнит еқими – магнит мәйданида турған туюқ контурни тешип өтидиған магнит индукцияси сизиқлириниң сани.**

Контурни тешип өтидиған магнит еқимини үч усул билән өзгәртүшкә болиду:

1) жуқурида ейтилғандәк, мәйданниң магнит индукциясини азайтиш вә көпәйтиш арқилиқ;
2) контурниң мәйданини өзгәртиш арқилиқ, мәсилән, раминиң һәрикәтлиниш тәрипиниң өзгириши яки ташқи күчләрниң тәсиридин рамка шәклиниң өзгириши *(310-сүрәт)*.



310-сүрәт. *Мәйданниң өзгиришидин туюқ контур арқилиқ магнит еқиминиң өзгириши*



311-сүрәт. *Раминиң айлиниши нәтиҗисидә туюқ контур арқилиқ магнит еқиминиң өзгириши*

Әстә сақлаңлар!

Өзгәрмә магнит мәйданини һәр түрлүк усул арқилиқ елишқа болиду: турақлиқ магнитниң орнини алмаштуруш арқилиқ; электромагнитлиқ өзгәрмә ток мәнбәсигә қошуп, электромагнити бар турақлиқ ток тизмисини ажритиш вә қошуш арқлиқ.

3) магнит мәйданидики контурниң айлиниши (контурни тешип өтидиған сизиқлар сани өзгиридиғандәк қилип) *(311-сүрәт)*.

Магнит еқимини өзгәртиш усуллириға бағлиқ, уни һесаплаш формулисини язимиз:

$$\Phi = BS\cos\alpha, \qquad (1)$$

бу йәрдики Φ – контурни тешип өтидиған магнит еқими, B – мәйданниң магнит индукцияси, S – раминиң мәйдани, α – раминиң мәйданиға чүширилгән нормал билән магнит индукциясиниң арисидики булуң *(312-сүрәт)*.

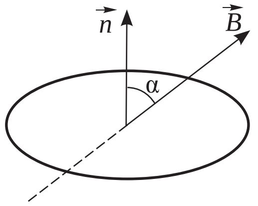
Магнит еқими – контурни тешип өтидиған магнит мәйданиниң индукциясиниң контур мәйданиға вә рамка мәйданиниң нормали билән магнит индукцияси векториниң арисидики булуңниң косинусиға көпәйткәнгә тәң физикилиқ миқдар.

(1) – формулиға мувапиқ:

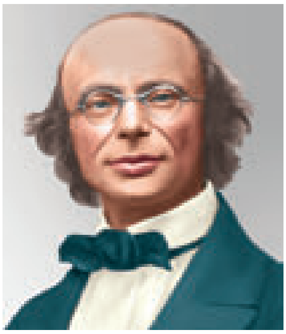
$$\Phi = B_n S, \qquad (2)$$

бу йәрдә $B_n = B\cos\alpha$ (3) – контур тәкшилигигә перпендикуляр $\vec{B}$ векториниң түзгүчиси.

Магнит еқимини ХБС бойичә өлчәм бирлиги 1 вебер, электр вә магнит мәйданлири тоғрилиқ көп әмгәк қилған немис физиги Вильгельм Веберниң һөрмитигә аталған. $[\Phi]$ = 1 *Вб* = 1 *Тл* · *м*^{2}.



***312-сүрәт.** Рамка тәкшилигигә чүширилгән нормал магнит индукциясиниң вектори билән α булуңини қуриду*



Вильгельм Эдуард Вебер (1804–1891) – немис физиги. Веберниң асасий әмгәклири электромагнетизмға, акустикиға, иссиқлиқ һадисилиригә, молекулилиқ физикиға асасланған. 1840-жилдин башлап Вебер электростатикилиқ вә магнитлиқ бирликләр системисини қуруш билән вә уларниң арисидики бағлинишни ениқлаш билән мәшғулланған. Магнит еқиминиң өлчәм бирлиги униң исми билән атилиду.

III. Ампер күчиниң иши

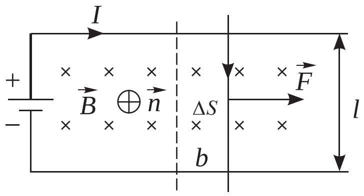
Магнит мәйданидики токи бар рамини барлиқ тәрәплиригә Ампер күчи тәсир қилиду *(313-сүрәт)*. Һәрикәттики өткүзгүчкә тәсир қилидиған күч оң тәрәпкә қарап йөнәлгән. Магнит индукциясиниң вектори рамка мәйданиниң нормалиға параллель болғанлиқтин, өткүзгүчкә тәсир қилидиған Ампер күчи төвәндикигә тәң: $F_A = BIl$

Өткүзгүч өз-өзигә параллель b арилиққа орун авуштуриду, шуниң билән биллә төвәндә көрситилгән формулиға тәң иш ясайду дәп алайлуқ:

$$A = F_A b = BIlb = BI\Delta S$$

Өткүзгүчниң орун авуштуриши вақтидики магнит индукциясиниң һасилатиниң өзгириши мәйдан магнит еқиминиң өзгиришигә тәң екәнлигини етиварға алимиз. Ампер күчини һесаплаш үчүн мону формулини пайдилинимиз: $A = I\Delta\Phi$

Магнит мәйданидики өткүзгүчниң орун авуштуруши вақтида Ампер күчиниң иши магнит еқими билән ток күчиниң көпәйтиндисиигә тәң.



***313-сүрәт.** Һәрикәттики өткүзгүчниң орун авуштуриши вақтида Ампер күчи иш ишләйду*

Кәлгүсидики қариму-қаршилиқ пәйда болиду: Лоренц күчи иш ясимайду, өткүзгүчтики айрим зарядләргә

тәсир қилидиған Лоренц күчлириниң қошундисиға тәң Ампер күчи иш ясайду. Бу қариму-қаршилиқ пәқәт сирттин қариғанда, сәвәви Ампер күчиниң ишини ениқлашта өткүзгүч бойидики заряднниң һәрикәт илдамлиғиға бағлиқ Лоренц күчиниң бир түзәткүчисини қараштурдуқ. Лоренц күчиниң иккинчи түзәткүчиси өзиниң һәрикәт илдамлиғиға бағлиқ, у өткүзгүчниң һәрикитигә қариму-қарши. Токни турақландуруш үчүн ток мәнбәси мошу ишни толуқтуруп туриду. Шуниң билән, Лоренц күчлири ЭҺК мәнбәсиниң энергиясини механикилиқ ишқа айландуриду.

Ток мәнбәси болмиған вақитта арилиқ қошқучларниң һәрикити башқа күчләрәниң тәсиридин болиду. Мошу принцип бойичә рамиси һо яки газ трубинилириниң ярдимидә һәрикәткә келидиған индукциялик ток иш ишләйду.

1-тапшурма

Һәрикәттики арилиқ қошқучта орунлашқан иҗабий зарядқә тәсир қилидиған Лоренц күчиниң қураштурғучисини тәсвирләңлар. Икки қураштурғучиниң ясиған ишлириниң қошундиси нөлгә тәң екәнлигини испатлаңлар.

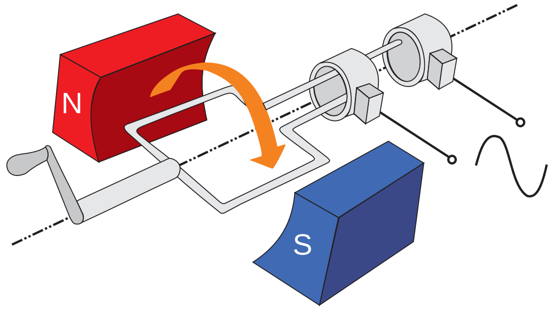
2-тапшурма

314–319-сүрәтләрдә тәсвирләнгән әсвапларниң иш ишләш принциплирини чүшәндүрүңлар.

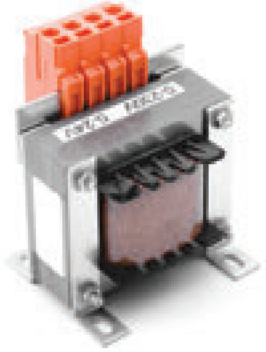
IV. Электромагнитлиқ әсвапларниң иш ишләш принципи

Индукциялик ток пәйда қилидиған генератор, трансформатор, электромагнитлиқ реле әсваплири электромагнитлиқ индукция һадисисигә асаслинип ясалған. 318–323-сүрәтләрдә уларниң түрлири вә принциплиқ схемилири тәсвирләнгән.

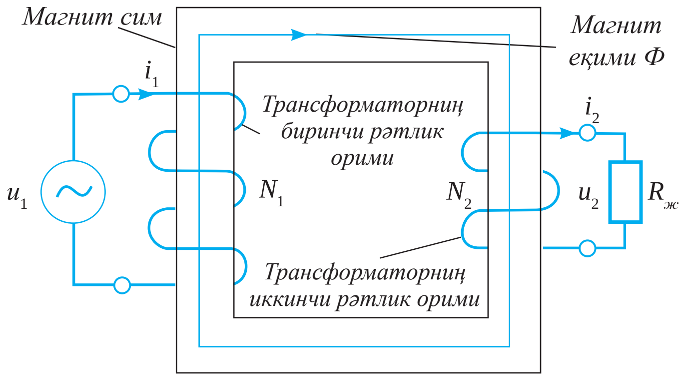
314-сүрәт. *Турақлиқ ток генератори 4ГПЭМ 55*



315-сүрәт. *Өзгәрмә ток генераториниң принциплиқ схемиси*

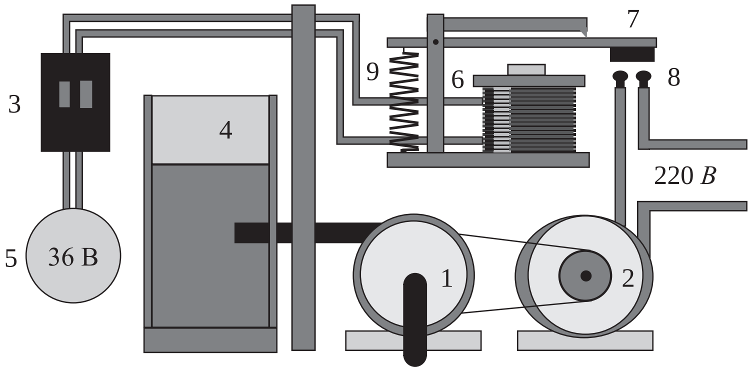


316-сүрәт. *Трансформатор*



317-сүрәт. *Трансформаторниң принциплиқ схемиси*

318-сүрәт. *Электромагнитлиқ реле*



323-сүрәт. *Электромагнитлиқ релениң принциплиқ схемиси (6, 8, 9, 11) 1 – насос, 2 – электродвигатель; 3 – ачқуч, 4 – бассейн, 5 – ток мәнбәси, 6 – электромагнит, 7 – полат пластина, 80 – контактлар, 9 – пружина*

Тәкшүрүш соаллири

1. Электромагнитлиқ индукция һадисиси немини билдүриду?
2. Қандақ шәртләрдә туюқ өткүзгүч контурида индукциялик ток пәйда болиду?
3. Магнит еқими немини характерләйду?
4. Электромагнитлиқ индукция қануни дегинимиз немә?

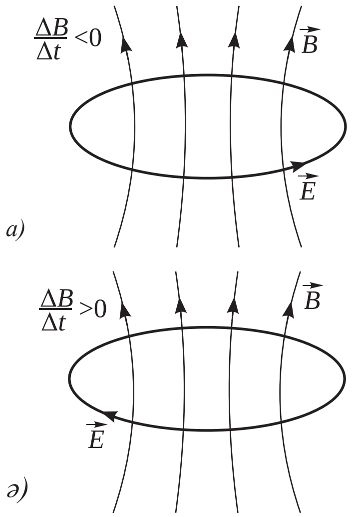
Көнүкмә 49

1. Симдин ясалған төңгә индукцияси $B = 0{,}5$ *Тл* магнит еқимида төңгиниң тәкшиликтики күч сизиқлири билән $\alpha = 30°$ булуң ясап орунлашқан. Төңгә арқилиқ өтидиған магнит еқими $\Phi = 24$ *Вб*. Төңгиниң радиусини ениқлаңлар.
2. Радиуси $R = 0{,}1$ *м* симдин ясалған төңгиниң индукция сизиқлири униң тәкшилигигә перпендикуляр болуп, бирхил магнит мәйданида орунлашқан. Магнит мәйданиниң индукцияси $B = 20$ *мТл*. Әгәр уни α: а) 180°; ә) 360°-қа бурисақ, төңгини тешип өтидиған магнит еқими қанчә һәссә өзгириду?

§ 50. Электромагнитлиқ индукция қануни. Ленц қаидиси

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:
- *һесаплар чиқириш җәриянида электромагнитлиқ индукция қанунини пайдилинишни үгинисиләр.*



320-сүрәт. *Өзгәрмә магнит мәйдани бошлуқта өзгәрмә электр мәйданини пәйда қилиду*

Нәзәр селиңлар!

ХХ ә. – ИТП әсири, XXI ә. – әхбарат әсири. Магнит мәйданиниң магнит индукцияси азайғанда қуюнлуқ электр мәйданиниң күчинишлик вектори магнит мәйданиниң күч сизиқлири билән оң винтни түзәйду. Бу чағда күчинишлик векториниң йөнилиши бурға қаидиси билән яки оң қол қаидиси билән ениқлиниду. Магнит индукцияси көпәйгәндә күчинишлик вектори магнит индукциясиниң векторлири билән сол винтни түзәйду.

I. Қуюнлуқ электр мәйдани. Электромагнитлиқ индукция қануни

Туюқланған өткүзгүч контурда индукциялик токниң пәйда болуши электр мәйданиниң бәлгүлүк бир ток мәнбәсисиз пәйда болғинини испатлайду. Бу мәйдан өзгәрмә магнит мәйданидин пәйда болди, униң күч сизиғиниң беши яки ахири болмайду, мошундақ мәйданни қуюнлуқ мәйдан дәп атайду. Контурни тешип өтидиған магнит еқими қанчилик чапсан өзгәрсә, униң ЭһК шунчилик көп болиду:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \qquad (1)$$

Электромагнилиқ индукция қанунининң мәнаси:

Өзгәрмә магнит мәйданидин пәйда болған қуюнлуқ мәйданниң ЭһКниң индукцияси бирлик вақит ичидә контур билән чәкләнгән бәттин өтидиған магнит еқиминиң өзгиришигә тәң.

Әгәр контур бирнәччә орамдин турса, у чағда ЭһК N һәссә өтиду:

$$\varepsilon_i = -N\frac{\Delta \Phi}{\Delta t},$$

бу йәрдики N – орам сани.

Қанунниң йезилишидики минус бәлгүси қуюнлуқ мәйданниң тәсиригә учириған индукциялик токниң йөнилишини ениқлайду.

II. Максвелл гипотезиси

Өзгәрмә магнит мәйданидики һәрикәтсиз контурда ЭһК индукциясиниң пәйда болуши қуюнлуқ электр мәйданиниң бар болуши билән чүшәндүрүлиду. Мошундақ мәйданниң болушини дәсләп Максвелл болҗам қилған. Униң болҗими: өзгәрмә магнит мәйдани бошлуқта өзгәрмә электр мәйданини пәйда қилиду, униң күчинишлик сизиғи магнит мәйданиниң индукция сизиғини өз ичигә алиду *(320, а, ә-сүрәт)*. Қуюнлуқ электр мәйданиға киргүзүлгән контурдики әркин зарядләнгән зәрриләр бәлгүлүк бир йөнилиштә һәрикәтлиниду. Контурда электр токи пәйда болиду:

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}, \qquad (2)$$

бу йәрдики R – контурниң қаршилиғи, ε_i – қуюнлуқ ток ииндукциясиниң ЭһК, I_i – индукциялик ток.

Әстә сақлаңлар!

Қаршилиғи аз массивлиқ туташ өткүзгүчләрдики индукциялик токлар жуқури мәнаға йетиду. Бу токларни Фуко токлири дәп атайду. Уларни металларни еритишқа беғишланған индукциялик мәшләрдә пайдилиниду. Электр энергиясиниң чиқимини вә Фуко токлирини азайтиш үчүн генераторлар билән двигательлардики трансформаторлар вә электромагнитларниң сердечниклирини айрим изоляциянгән пластинилардин қурайду.

III. Магнит мәйданида һәрикәтлинидиған өткүзгүч индукциясиниң ЭһК

Контур магнит мәйданида һәрикәттә болғанда, индукция ЭһК пайда болуши униңдики Лоренц күчиниң әркин зарядләргә тәсиридин болиду. Туюқ контурниң *MN* участкиси магнит мәйданиниң сизиғини кесип өтүп, $\vec{v}$ илдамлиқ билән һәрикәтлиниду дәп қараштурайли *(321-сүрәт)*. Берилгән участкидики электронларға Лоренц күчи тәсир қилиду, у *M* чекитидин *N* чекитигә қарап йөнәлгән. Һәрикәтлинип электронлар *MN* өткүзгүчиниң учлири арисидики потенциаллар айримисини түзәйду. Униң узунуғи *l*, индукция ЭһК тәң:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -B\frac{\Delta S}{\Delta t}, \qquad (3)$$

бу йәрдики $\Delta S = (v\Delta t)l$ (4) – контур мәйданиниң Δt вақит арилиғида өзгириши.

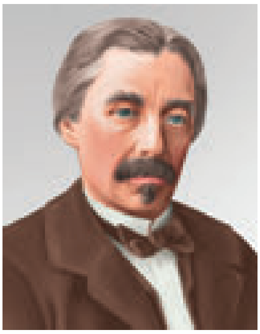
(4) формулини (3) формулисиға қоюп, төвәндики ипадини алимиз:

$$\varepsilon_i = Bvl. \qquad (5)$$

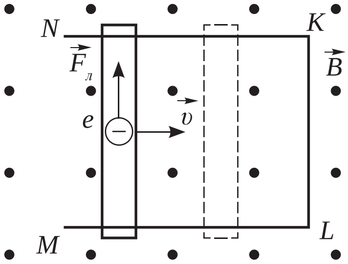
Магнитлиқ индукция векториниң йөнилиши илдамлиқ вектори билән α булуң ясиса, илдамлиққа перпендикуляр болидиған униң қураштурғучисини ениқлаш керәк *(322-сүрәт)*: $B_\perp = B\sin\alpha$, у чағда тәңлик (5) төвәндики түргә егә болиду:

$$\varepsilon_i = Bvl\sin\alpha. \qquad (6)$$

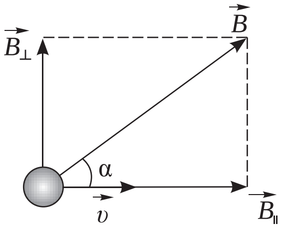
Индукция ЭһК туюқланмиған өткүзгүчниң учлирида пәйда болуши мүмкин, бу шараит өткүзгүч



Жан Бернар Леон Фуко (1819–1868) – француз физиги, механик вә астроном, Париж вә Берлин алимлар академиясиниң әзаси. Фуко маятнигини ясиғучи ретидә тонулған, гироскопни ойлап тапқан. Һавадики вә судики йоруқ илдамлиғини ениқлиған. Чоң массидики металл өткүзгүчләрниң магнит мәйданида илдам айлиниши вақтида қизишиға дәсләп көңүл ағдурған.



321-сүрәт. *Магнит мәйданиниң күч сизиқлириниң қийилишида өткүзгүч учлиридики потенциаллар айримисиниң пәйда болуши*



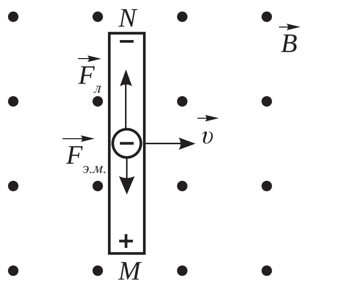
322-сүрәт. *Магнит индукция векториниң қураштурғучларға бөлиниши*

магнит мәйданида униң күч сизиқлирини «кесип өткән» вақитта орун алиду *(323-сүрәт)*. Магнит мәйданида һәрикәтлинип жүргән өткүзгүчтики электронларниң һәрикити Лоренц күчи билән өткүзгүчниң учидики артуқ зарядләр пәйда қилидиған электр мәйданиниң күчи тәң болғанда, мону модуль бойичә тохтайду: $|F_{Л}| = |F_{э.м.}|$ яки $qB\upsilon\sin\alpha = qE$.

Сәвәви $E = \dfrac{U}{l} = \dfrac{\varepsilon_i}{l}$, у чағда $\upsilon B \sin\alpha = \dfrac{\varepsilon_i}{l}$,

Униңдин чиқиду: $\varepsilon_i = B\upsilon l\sin\alpha$.

Өткүзгүч күч сизиғи бойи билән һәрикәтләнгәндә униң учлирида индукция ЭҺК пәйда болмайду.

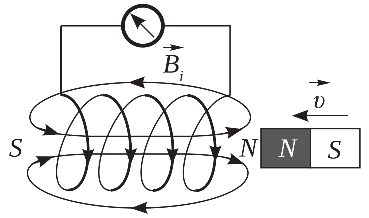


323-сүрәт. *Мәйданниң күч сизиқлирини кесип өткән, өткүзгүчниң учлирида ЭҺК пәйда болиду*

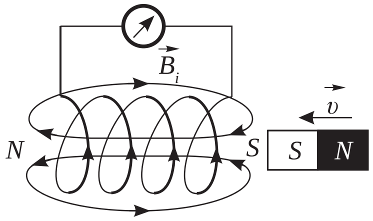
IV. Энергияник сақлиниш қануни турғусидин токи бар катушка билән магнитниң өз ара тәсири

Тилимчә магнит вә гальванометр билән туюқланған катушка ярдими арқилиқ жүргүзүлгән тәжрибидә гальванометр стрелкиси алди билән бир тәрәпкә, униңдин кейин иккинчи тәрәпкә еғишиду *(307-сүрәт, §49)*.

Магнит билән катушкини йеқинлитиш үчүн орунланған иш – оң, сәвәви магнитниң орун авуштуриши билән униңға чүширилгән күчниң йөнилиши бир. Энергияниң сақлиниш қануниға мувапиқ индукциялик ток пәйда қилған катушкиниң магнит еқими магнитни тепиш керәк. Токи бар катушка электромагнит болалайдиғанлиқтин, кәлгүси хуласигә келиш қийин әмәс: йеқинлаштурған магнитқа қарап турған катушка учлиридики индукциялик ток охшаш полюс түзәйду *(324-сүрәт)*. Магнитни йеқинлаштурғанда индукциялик ток пәйда қилған магнит мәйданиниң иштәргүчи күчлиригә қарши иш ясаймиз.



а)

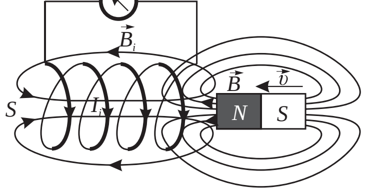


ә)

324-сүрәт. *Йеқинлаштурған магнитқа қарап турған катушка учлирида индукциялик ток бирхил намлиқ полюс түзәйду*

V. Магнит еқиминиң сақлиниш қануни

Магнитниң катушкиға йеқинлишиши магнит еқиминиң өсүшигә елип келиду *(325-сүрәт)*. Бу вақитта катушка ичидә магнитниң магнит $\vec{B}$ индукция вектори билән катушкиниң $\vec{B}_i$ вектори бир-биригә қарима-қарши йөнәлгән. Катушкида индукциялик ток



325-сүрәт *Катушкиниң магнит мәйдани йеқинлап келиватқан магнитниң магнит еқиминиң өсүшигә қарши һәрикәт ясайду*

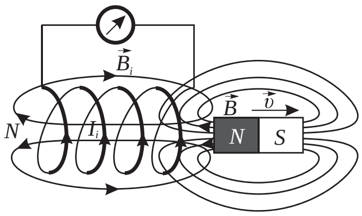
1-тапшурма

Индукциялик токниң магнит мәйданиниң күч сизиқлирини тәсвирләңлар вә магнит жирақлаштурулғанда катушкиниң полюслирини көрситиңлар.

пәйда қилған мәйдан магнит еқиминиң өсүшигә қаршилиқ көрситиду.

Магнитни жирақлатқанда күч сизиқлириниң зичлиғи вә катушкини тешип өтидиған магнит еқими азийиду. Катушкиниң ичидики индукциялик токниң магнит сизиқлири магнитниң күч сизиқлири охшаш йөнәлгән *(326-сүрәт)*. Индукциялик ток өзиниң мәйдани билән катушкини тешип өтидиған еқимни күчәйтиду, дәсләпки түрини сақлап қелишқа интилиду

Индукциялик токниң магнит мәйдани билән өзгәрмә магнит мәйданиниң өз ара тәсирлишиши вақтида магнит еқиминиң сақлиниш қануни орунлиниду. Электромагнитлиқ индукция қанунидики «–» бәлгүси – мошу қанунниң орунлинишини көрситиду.



326-сүрәт. *Катушкиниң магнит мәйдани жирақлап кетип барғанда магнит пәйда қилған магнит еқиминиң кемийишигә қарши һәрикәт ясайду*

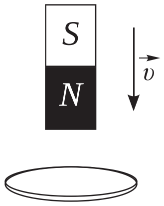
VI. Ленц қаидиси

Гальванометр билән туюқланған катушка вә турақлиқ магнитниң өз ара тәсирлишиши қараштурулуватқан шараиттта Ленц қаидисигә мувапиқ һәрикәт қилиду:

Контурдики индукциялик ток һәрқачан өзиниң магнит мәйдани билән өзини пәйда қилған магнит еқиминиң өзгиришигә қарши туридиғандәк болуп йөнәлгән.

2-тапшурма

Алгоритмни пайдилинип, 327, сүрәттә тәсвирләнгән туюқ өткүзгүч контуридики индукциялик токниң йөнилишини ениқлаңлар. Турақлиқ магнит контурға йеқинлишиватиду.



327-сүрәт.

Индукциялик токниң йөнилишини ениқлашта Ленц қаидисини пайдиланғанда төвәндики алгоритмни қоллиниш керәк:

1. Туюқ өткүзгүч контурниң сиртқи мәйданиниң магнит индукциясиниң $\vec{B}$ йөнилишини ениқлаш керәк.
2. Контурни тешип өтидиған магнит индукциясиниң еқимини өсүватамду, азийиватамду, шуни ениқлаш керәк.
3. Ленц қаидисигә мувапиқ индукциялик ток пәйда қилидиған мәйданниң $\vec{B}_i$ магнит индукцияизиқлириниң йөнилишини ениқлаш керәк:
   – әгәр еқим өссә ($\Delta\Phi > 0$), у чағда индукциялик мәйданниң сизиқлири сиртқи мәйданниң магнит индукцияси сизиқлириға кариму-қарши йөнилиду ($\vec{B}_i \uparrow\downarrow \vec{B}$);
   – әгәр еқим азайса ($\Delta\Phi < 0$), у чағда индукциялик токниң вә магнит индукциясиниң сизиқлири бир йөнилиштә болуши керәк ($\vec{B}_i \uparrow\uparrow \vec{B}$.
4. Векториниң йөнилиши бойичә бурға қаидисини пайдилинип, I_i индукциялик токниң йөнилишини ениқлаңлар.

Әстә сақлаңлар!

Ташқи магнит мәйданиниң еқими өскәндә: $\Delta\Phi > 0$ яки қуюнлуқ электр мәйдани индукциясиниң ЭһК магнит еқиминиң өсүшигә қаршилиқ көрситиду, шуниң билән биллә $\varepsilon_i < 0$.
Ташқи магнит мәйданиниң магнит еқими азайғанда: $\Delta\Phi < 0$ яки индукциялик ЭһК магнит еқимини ашурушқа интилиду, шуниң билән биллә $\varepsilon_i > 0$.

Өз тәҗрибәңлар

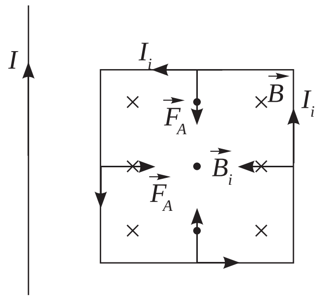
1. Әгәр икки демонстрациялик гальванометрларниң клеммилирини сим билән қошуп, униңдин кейин әсвапларниң бирини тәвритиш арқилиқ униң стрелкисини тәврәтсәк, у чағда теч һаләттә турған әсвапниң стрелкисиму тәвринишкә башлайду. Тәҗрибини чүшәндүрүңлар вә тәкшүрүп көрүңлар.
2. Томсон тәҗрибисини қандақ чүшәндүрүшкә болиду: төмүр стерженьға көп мис сим орамлири бар катушка оралған. Сердечникқа мистин ясалған массивлиқ төңгә әркин жүридиғандәк қилип киргүзүлгән. Катушкини өзгәрмә токи бар тизмиға қошқанда төңгә сәкрәп чиқиду.

Җавави қандақ?

1. *Компасниң корпуси латуньдин ясалса, немишкә униң стрелкисиниң тәвриниши чапсан тохтайду, корпус пластмассидин ясалса, аста тохтайду?*
2. *Немишкә чүшүватқан туюқ өткүзгүч төңгә тилимчә магнитқа йеқинлиғанда өзиниң һәрикитини асталитиду? Төңгә туюқ болмиса, асталиниш немишкә байқалмайду?*

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

Туюқ төртбулуңлуқ контур токи бар түз өзкәзгүчниң тәкшилигидә орунлашқан. Өткүзгүчтики ток күчи өсүшкә башлайду. Контурдики индукциялик токниң йөнилишини вә контурға тәсир қилидиған Ампер күчини ениқлаңлар.



Йешилиши: Ленц қаидиси бойичә индукциялик токниң йөнилишини ениқлаш алгоритмини пайдилинимиз.

1. Токи бар өткүзгүч сиртқи мәйданни пәйда қилиду. Контур ичидики магнит мәйданиниң сизиқлири рамка тәкшилигигә перпендикуляр вә биздин нери қарап йөнәлгән *(сүрәткә қараңлар)*.
2. Һәсапниң бериши бойичә ток күчи өсиду, у еқимниң өсүшигә елип келиду $\Delta\Phi > 0$.
3. $\Delta\Phi > 0$, буниңға мувапиқ, $\vec{B}_i$ сиртқи мәйданниң магнит индукцияси векториға қариму-қарши йөнилиду: ($\vec{B}_i \uparrow\downarrow \vec{B}$). $\vec{B}_i$ векторини салимиз, рамка тәкшилигигә перпендикуляр жуқури йөнәлгән сүрәттики йөнәлдүргүчи чекит түридә.
4. $\vec{B}_i$ векториниң йөнилиши бойичә бурға қаидисини пайдилинип, *Ii* индукциялик токниң йөнилишини ениқлаймиз.

   Индукциялик ток саат тилиға қариму-қарши йөнәлгән.

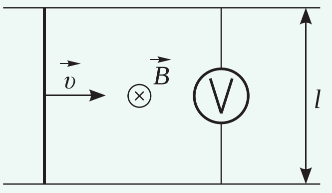
Рамкиниң тәрәплиригә тәсир қилидиған Ампер күчиниң йөнилишини сол қол қаидиси билән ениқлаймиз. Ампер күчи көпийип келиватқан магнит еқимини азайтишқа интилип рамкини қисиду.

Тәкшүрүш соаллири

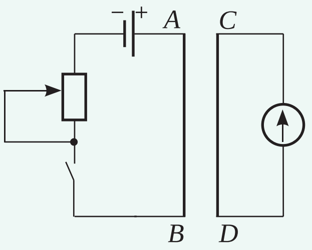
1. Йеқинлап келиватқан магнит тәрәптики катушкиниң магнит мәйданида қандақ полюс пәйда болиду?
2. Туюқ контурдин магнитни жирақлитип яки йеқинлитип қандақ күчләргә қарши иш ясаш керәк?
3. Магнит еқиминиң сақлиниш қануниниң мәнаси немидә?
4. Ленц қаидисини тәрипләңлар.

Көнүкмә 50

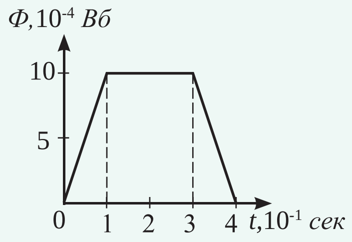
1. Орам сани $N = 400$ соленоидтики, индукцияниң ЭҺК $\varepsilon_i = 100$ *В* болғанда магнит еқими илдамлиғиниң өзгиришини ениқлаңлар.
2. Үстәлниң үстидә ятқан металл тәңгини ағдурди. Тәңгиниң радиуси $r = 10$ *см*, қаршилиғи $R = 2$ *Ом*. Әгәр Йәрниң магнит мәйдани индукциясиниң вертикал тәшкилатчиси $B = 5 \cdot 10^{-5}$ *Тл* болса, тәңгә арқилиқ қандақ заряд өтиду?
3. Икки параллель өткүзгүч бирхил $B = 1$ *Тл* магнит мәйдани индукциясидә мәйданниң күч сизиқлири өткүзгүчләр орунлашқан тәкшиликкә перпендикуляр болидиғандәк орунлашқан. Өткүзгүчләргә перпендикуляр металл арилиқ қошқуч вольтметрға $\upsilon = 10$ *м/с* илдамлиқ билән йеқинлап келиду. Өткүзгүчләрниң арилиғи $l = 1$ *м* *(328-сүрәт)*. Вольтметрниң көрсәткүчини ениқлаңлар.
4. Төвәндики шараитларда *CD* өткүзгүчидики индукциялик токниң йөнилишини ениқлаңлар *(329-сүрәт):*
   а) Өткүзгүчниң *AB* тизмисини туюқлайду; ә) өткүзгүчниң *AB* тизмисини ажритиду; б) туюқ тизмидики *AB* өткүзгүчидики реостат тутқушини жуқури вә төвән орун авуштурғанда; в) *AB* вә *CD* контурлириниң түз сизиқлиқ бөләклирини йеқинлаштурғанда; жирақлатқанда.
5. Катушкини тешип өтидиған магнит еқими вақитниң өтүшигә қарап 330-сүрәттикидәк өзгириду. Катушкидики индукцияниң ЭҺК өзгириш графигини селиңлар.Әгәр катушкида 400 орам болса, индукцияниң ЭҺК максимал мәнаси қанчә болиду?



328-сүрәт. *3-тапшурмиға*



329-сүрәт. *4-тапшурма*



330-сүрәт. *5-тапшурмиға*

§ 51. Өзлүк индукция һадисиси. Индуктивлиқ. Магнит мәйданиниң энергияси

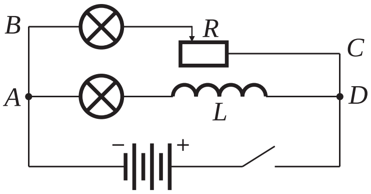
Күтүлидиған нәтиҗә

- *Параграфни оқуп, силәр механикилиқ вә магнитлиқ энергияниң охшашлиқлирини тепишни үгинисиләр.*

I. Өзлүк индукция һадисиси

Өзлүк индукция һадисиси өзгәрмә токи бар өткүзгүчләрдә байқилиду. Өзгәрмә ток өткүзгүчниң әтрапида өзгәрмә магнит мәйданини пәйда қилиду, у өз новитидә Максвелл гипотезисиға мувапиқ қуюнлуқ электр мәйданини пәйда қилиду. Қуюнлуқ мәйданниң тәсиридин өткүзгүчтә индукциялик ток пәйда болиду, у Ленц қаидиси бойичә магнит еқиминиң өзгиришигә йол бәрмәйду.

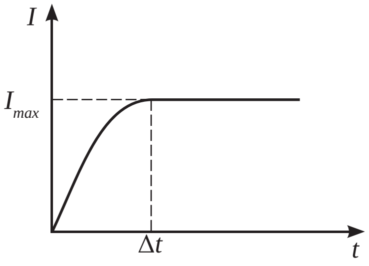
Өзлүк индукция – өткүзгүч контуридики ток күчи өзгәргәндә шу контурда индукциялик ЭһК пәйда болиш һадисиси.



331-сүрәт. *Аз актив қаршилиғи бар катушкида өзлүк индукция һадисиси байқилиду, A ламписи кечикип яниду*

Әгәр өткүзгүч турақлиқ ток мәнбәсигә қошулған болса, у чағда электромагнитлиқ индукция һадисисини тизминиң қошулған, өчирилгән вақтида байқашқа болиду. 331-сүрәттә икки лампиниң ток мәнбәсигә параллель қошулған схемиси тәсвирләнгән. Униң бири реостат арқилиқ, иккинчиси аз актив қаршилиғи бар катушка арқилиқ. Реостатниң ярдими арқилиқ лампиларниң бирхил йенишиға қол йәткүзүшкә болиду. Ачқучниң туюқлиниши вақтида катушка арқилиқ қошулған лампа кечикип яниду. Буни катушкида өзлүк индукция ЭһК пәйда болуши билән вә учлиридики ток күчиниң Δt вақит арилиғида максимал *(346-сүрәт)*.

Тизма ажриғанда өзлүк индукция һадисисини 347, а-сүрәттә тәсвирләнгән тизма билән ясалған тәҗрибә җәриянида байқашқа болиду. Ленц қаидисигә мувапиқ, тизмини ток мәнбәсидин ажратқанда, катушкидики индукциялик ток пәйда болиду *(333, ә-сүрәт)*. Униң йөнилиши ток мәнбәсидин пәйда болған ток йөнилиши билән охшаш болиду *(333, а-сүрәт)*, индукциялик ток катушка билән гальванометрдин туридиған туюқ контур бойи билән өтиду вә гальванометр стрелкисини қарши тәрәпкә йөнәлдүриду. Гальванометр көрсәткүчлири бойичә, тизмидики токниң пәйдин-пәй йоқап кетиватқинини байқашқа болиду *(334-сүрәт)*.



332-сүрәт. *Катушкидики ток күчиниң максимал һәҗимдә өсүши үчүн Δt вақит һаҗәт*

II. Катушкиниң индуктивлиғи

Өзлүк индукция һадисиси механикидики инерция һадисисигә охшаш. Катушка инертлиқ хусусийәткә егә.

Катушкиниң инертлиқ хусусийитини характерләйдиған физикилиқ миқдар индуктивлиқ дәп атилиду.

Өзлүк индукция һадисисини пәйда қилидиған индуктивлиқ билән магнит еқиминиң бағлинишини орнитимиз. Катушкини тешип өтидиған магнит еқими төвәндикигә тәң:

$$\Phi = BSN\cos\alpha, \qquad (1)$$

бу йәрдики N – катушкиниң орам сани.

Катушка пәйда қилған магнит индукциясиниң мәйдани:

$$B = \mu_0\mu nI, \qquad (2$$

бу йәрдики μ – сердечникниң магнитлиқ өткүрлүги, n – узунлуқ бирлигидики орам сани, катушка ориминиң сани униң узунлуғиға болған нисбити билән ениқлиниду:

$$n = \frac{N}{l} \qquad (3)$$

(2) вә (3) формулилирини (1) формулисиға қойимиз, у чағда:

$$\Phi = \mu \cdot \mu_0 \frac{N^2}{l} SI \cos\alpha. \qquad (4)$$

Формулидики (4) катушкиниң һәҗими билән хусусийитини характерләйдиған барлиқ миқдарларни ениқлап, L һәрипи билән бәлгүләймиз:

$$L = \mu \cdot \mu_0 \frac{N^2}{l} S = \mu \cdot \mu_0 n^2 lS .$$

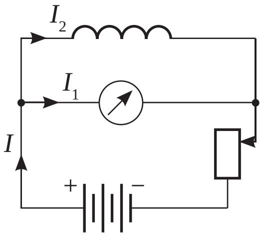
Катушкиниң индуктивлиғини һесаплаш формулиси елинди:

$$L = \mu\mu_0 n^2 lS. \qquad (5)$$

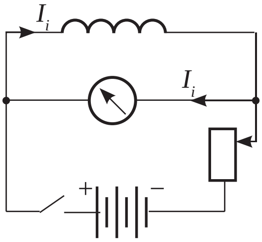
Индуктивлиқ катушкиниң өлчәмлиригә: l билән S;сердечникниң материалиға μ, вә орамниң зичлиғиға n бағлиқ болиду.Индуктивлиқ катушкидики ток күчигә вә униңдин өтидиған еқимға бағлиқ әмәс, у мону миқдарларниң пропорционаллиқ коэффициенти болуп тепилиду:

$$\Phi = LI. \qquad (6)$$

ХБС бойичә индуктивлиқниң өлчәм бирлиги американлиқ физик Джозеф Генриниң һөрмитигә генри дәп аталған: $[L] = 1$ *Гн*.

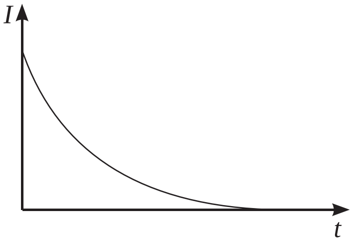


а)



ә)

***333-сүрәт.** Ток мәнбәсидин ажритилғандин кейин катушкидики индукциялик ток гальвонометрниң стрелкисиға қарши тәрәпкә йөнәлдүриду*



***334-сүрәт.** Катушкидики ток күчи вақитниң өтүшигә мувапиқ нөллүк мәнағичә өзгириду*

1-тапшурма

Катушка индуктивлиғиниң униң өлчимигә вә орам саниға бағлиқ графигини селиңлар.

III. Өзлүк индукцияниң ЭҺК

Электромагнитлиқ индукция қанунини вә өзлүк индукцияниң ЭҺК һесаплашқа беғишланған формулини (5) пайдилинип, төвәндикини алимиз:

$$\varepsilon_{iS} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = -\frac{LI_2 - LI_1}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Мошуниңға бағлиқ, өзлүк индукцияниң ЭҺК:

$$\varepsilon_{iS} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}. \qquad (7)$$

Бу формулидин келип чиқиду: $L = \frac{\varepsilon_{iS}}{|\Delta I| / \Delta t}$,

шуниң үчүн: $1\,Гн = \frac{1\,B}{1\,A/сек}$.

IV. Магнит мәйданиниң энергияси

Катушкидики магнит мәйданиниң энергиясини, катушкиниң инертлиқ хусусийити билән кинетикилиқ энергияси бар һәрикәттики җисимниң охшашлиғини пайдилинип, йезип елишқа болиду:

$$W_k = \frac{mv^2}{2}. \qquad (8)$$

Катушкини магнит мәйданиниң энергиясини һесаплаш формулисиға (8) охшап, мону түргә келиду:

$$W_{м.м.} = \frac{LI^2}{2}. \qquad (9)$$

Қуюнлуқ мәйданни йеңиш бойичә ток мәнбәсиниң ишини графикилиқ усул билән ениқлаймиз. 335-сүрәттә магнит мәйданниң катушкидики ток күчигә бағлиқлиғи тәсвирләнгән, фигуриниң мәйдани сан тәрипидин ишләнгән ишқа тәң, буниңға мувапиқ, катушкидики магнит мәйданиниң энергияси:

$$W_{м.м.} = \frac{I\Phi}{2} = \frac{LI^2}{2}. \qquad (10)$$

V. Магнит мәйдан энергиясиниң зичлиғи

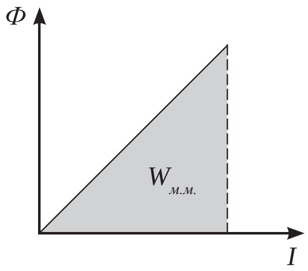
Магнит мәйдани бошлуқниң бираз бөлигини алған токи бар өткүзгүчни тәшкил қилиду. Магнит мәйданиниң энергетикилиқ характеристикиси болуп тепилидиған магнит мәйдани энергиясиниң һәҗимлик зичлиғини киргүзимиз:

$$\omega_{м.м.} = \frac{W_{м.м.}}{V}. \qquad (11)$$

бу йәрдики ω – магнит мәйдани энергиясиниң һәҗимлик зичлиғи. (11) формулисиға (10) вә (5) формулилирини қойсақ:

$$\omega = \frac{LI^2}{2V} = \frac{\mu \cdot \mu_0 n^2 lSI^2}{2lS} = \frac{\mu \cdot \mu_0 n^2 I^2}{2}. \qquad (12)$$

Джозеф Генри (1797–1878) – Америка физиги, атақлиқ алимларниң бири, Смитсон институтиниң биринчи кативи. Магнитларни ясашта Генри электрмагнетизмға өзлүк индукция һадисисини ашти. Фарадейдин бөләк Генри өз ара индукцияни ачти. Униң электромагнитлиқ реле бойичә ясиған ишлири электрлиқ телеграфниң асасини қурди.



335-сүрәт. *Магнит еқиминиң катушкидики ток күчигә бағлиқ графиги*

Җавави қандақ?

1. *Катушкиниң индуктивлиғини қандақ өзгәртишкә болиду?*
2. *Бу катушкиниң активлиқ қаршилиғиға қандақ тәсир қилиду?*

(2) формулини етиварға елип, төвәндики хуласигә келимиз:

$$\omega_{м.м.} = \frac{B^2}{2\mu \cdot \mu_0}. \qquad (13)$$

Энергиянин зичлиғи аталған муһиттики магнит индукциясинин квадратиға тоғра пропорционал.

Жавави қандақ?

Магнит мәйдани энергиясиниң зичлиғи немишкә магнитлиқ қисим дәп атилиду?

Әстә сақлаңлар!

ХБС бойичә энергиянин һәжимлик зичлиғининң өлчәм бирлиги

$$[\omega] = 1\frac{Дж}{м^3} = 1\frac{Н \cdot м}{м^3} = 1\frac{Н}{м^2} = 1\,Па$$

Жавави қандақ?

1. *Немишкә қувәтлик электр двигательлирини ток мәнбәсидин реостатниң ярдими билән аста-аста силиқ ажритиду?*
2. *Немишкә қариму-қарши йөнәлгән икки қәвәт орими бар катушкида индукциялик ток пәйда болмайду?*

ҺЕСАП ЧИҚИРИШ ҮЛГИЛИРИ

$R = 20$ *Ом* қаршилиғи вә $L = 0{,}01$ *Гн* индуктивлиғи бар катушка өзгәрмә магнит мәйданида туриду. Мошу мәйдан пәйда қилидиған магнит еқими $\Delta\Phi = 1$ *мВб* көпәйгәндә, катушкидики ток күчи $\Delta I = 0{,}05$ *А* өсти. Бу вақит ичидә катушка бойи билән қандақ Δq заряди өтти?

Берилгини:	ХБС	Йешилиши:
$R = 20$ *Ом* $L = 0{,}01$ *Гн* $\Delta\Phi = 1$ *мВб* $\Delta I = 0{,}05$ *А* $\Delta q - ?$	 10^{-3} *Вб*	Катушкидики ток $L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ өзлүк индукциясиниң ЭһК қариму-қарши тәсир қилидиған $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ индукцияниң ЭһК пәйда қилиду. Буниңға мувапиқ катушкиси бар тизма бөлигигә арналған Ом қануни төвәндикигә тәң болиду: $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} - L\frac{\Delta I}{\Delta t} = IR.$ Тәңлимини Δt вақитқа көпәйтимиз $\Delta\Phi - L\Delta I = IR\Delta t$, буниңдин $\Delta q = I\Delta t = \frac{\Delta\Phi - L\Delta I}{R}$. Һесаплаймиз: $\Delta q = \frac{10^{-3}\,Вб - 0{,}01\,Гн \cdot 0{,}05\,А}{20\,Ом} = 25 \cdot 10^{-6}\,Кл$ **Жавави:** 25 *мкКл*.

Тәкшүрүш соаллири

1. Өзлүк индукция һадисиси немини билдүриду?
2. Индуктивлиқ катушкиси қандақ хусусийәтләргә егә ?
3. Катушка инертлиғини қандақ миқдар ениқлайду?
4. Магнит мәйданиниң энергияси немигә тәң?

Көнүкмә 51

1. Контурниң индуктивлиғи $L = 0{,}04$ Гн. Контурдики ток күчи $\Delta I = 0{,}4\ A$ миқдарға көпәйди. Контурдики ток пәйда қилидиған магнит еқими қанчигә өзгәрди?
2. Контурниң индуктивлиғи $L = 20$ *мГн*. Әгәр $\Delta t = 0{,}\ 02$ *сек* ичидә униңдики ток күчи $\Delta I = 0{,}04\ A$ миқдариға азайса, контурдики өзлүк индукцияниң оттура ЭһК немигә тәң?
3. Индуктивлиғи $L = 6$ *мГн* соленоидниң $N = 400$ орими бар. Орамдики ток күчи $I = 10\ A$. Соленоидта пайда болидиған магнит еқимини ениқлаңлар.
4. Тизмида ЭһК $\varepsilon = 1{,}2\ B$ ток мәнбәси, қаршилиғи $R = 1$ *Ом* реостат вә индуктивлиғи $L = 1$ *Гн* катушка пәйдин-пәй қошулған. Тизмидин I_0 турақлиқ ток өтиду. Қандақту бир вақиттин кейин ток $\Delta I/\Delta t = 0{,}2$ А/с турақлиқ илдамлиқ билән кемийдиғандәк қилип, реостатниң қаршилиғини өзгәртишкә башлайду. Ток өзгириши башлиғандин башлап, $t = 2$ *сек* вақиттин кейинки тизминиң R_1 қаршилиғи немигә тәң болиду?
5. Узун соленоид арқилиқ энергияси $W = 0{,}5$ *Дж* магнит еқимини пәйда қилидиған $I = 10\ A$ ток күчи өтиду. Соленоид оримини тешип өтидиған магнит еқимини ениқлаңлар.

§ 52. Электр двигатели вә турақлиқ ток электрогенераторы

Күтүлидиған нәтиҗә

Параграфни өзләштүргәндә:

- *электр двигателиниң моделини тәкшүрүшни вә елинған нәтиҗиләрни Фарадей қануни билән Ленц қаидисини пайдилинип, аргументлиқ түрдә чүшәндүрүшни үгинисиләр.*

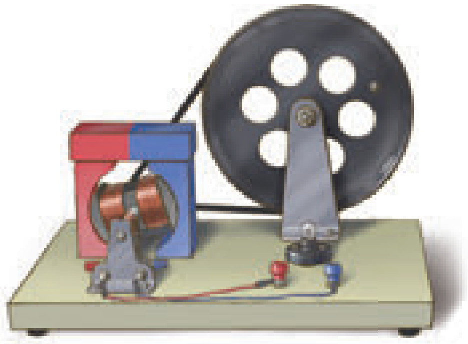
I Электр двигателиниң вә генераторниң қурулуши

1-тапшурма. Мәктәп лабораториясигә беғишланған двигатель билән генераторни караштуруңлар, уларниң асасий бөләклирини йезиңлар, охшашлиқлири билән пәрқини көрситиңлар *(336–337-сүрәтләр)*.

Җавави қандақ?

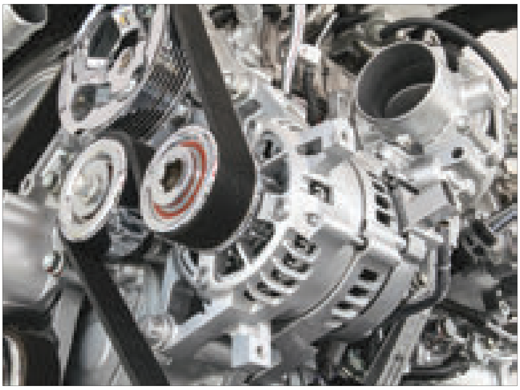
Электр двигателиниң моделини генератор ретидә пайдилинишқа боламду?

336-сүрәт. *Мәктәп лабораториясигә беғишланған электр двигателиниң модели*

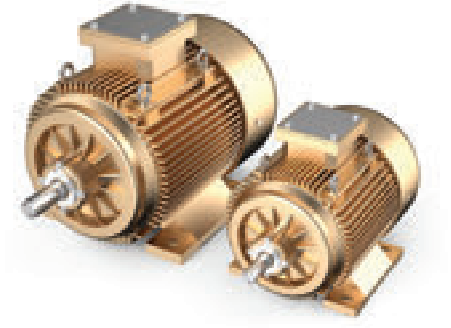


337-сүрәт. *Мәктәп лабораториясигә беғишланған генератор модели*

338-сүрәт.



339-сүрәт.



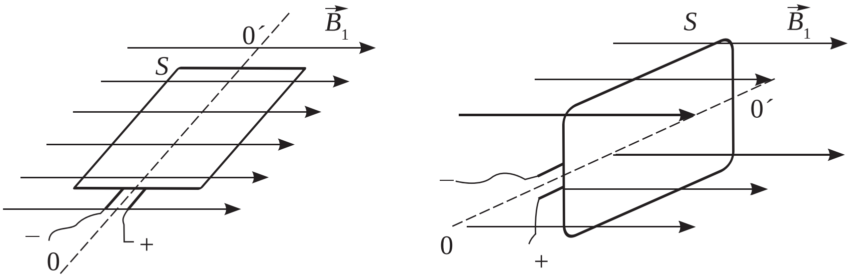
340-сүрәт.

2-тапшурма. 338–340-сүрәтләрдә тәсвирләнгән әсвапларни атаңлар. Әсвапларни қандақ бөлгүлиригә қарап ениқлиғанлиғиңларни чүшәндүрүңлар.

II. Электр двигателиниң иш ишләш принципи

3-тапшурма: Двигательниң қандақ иш ишләйдиғинини тәкшүрүңлар.

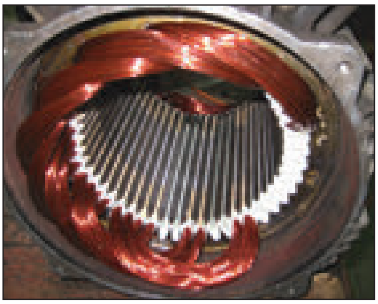
1) Электр двигателиниң моделини ток мәнбәсигә қошуңлар. Модельға керәк ток мәнбәсини алдин-ала ениқлап елиңлар.
2) Двигательни пайдилинип, электр әсвапларни (шамаллатқуч, лифт, миксер, дрель) қошуңлар.
3) Магнит полюслириниң арисидики двигатель рамкилириниң бириниң сүритини селиңлар. Рамкиниң чәтки яқлирини көрситиңлар. Униңдики токниң йөнилишини көрситиңлар. Рамкиниң һәр йеригә тәсир қилип турған Ампер күчиниң йөнилишини ениқлаңлар *(341-сүрәт)*.



341-сүрәт. *Магнит мәйданидики токи бар рамка*

Җавави қандақ?

1. *Ампер күчиниң йөнилишини ениқлаш үчүн қандақ қаидини пайдиландиңлар?*
2. *Рамкиниң қариму-қарши тәрәплиригә тәсир қилидиған күчләр немишкә тәң?*
3. *Улар немишкә бир-бирини толуқтуруп турмайду?*
4. *Айлиниш моменти максимал болуш үчүн рамка қандақ шәклдә болуши керәк?*



342-сүрәт. *Двигатель статори*

343-сүрәт. *Двигатель ротори*

344-сүрәт. *Йерим төңгә*

4-тапшурма. 342–344-сүрәтләрдә тәсвирләнгән двигательлирниң асасий бөләклирини караштуруңлар.

Җавави қандақ?

1. *Двигатель моделиға қариғанда статор билән роторда орам сани немишкә көп?*
2. *Немишкә өткүзгүчләрни металл пластинилирға орайду?*
3. *Сердечникни немишка металлдин әмәс әксичә пластинидин ясайду?*
4. *Йерим төңгә немә үчүн һаҗәт? Улар қандақ двигатель роториға бәкитилиду?*

III. Двигательларни пайдилиниш

Турақлиқ ток двигательлирини төмүр йол автомашинилириниң чақлирини ишқа қошуш үчүн вә автомобиль йоллири билән төмүр йолниң қийилишқан йәрлиридики шлагбаумларни ишқа қошуш үчүн пайдилинилиду. Җәмийәтлик автомашиниларда (трамвай, троллейбус, метро) улар тартилиш күчини пәйда қилиду. Қойма егилигидә турақлиқ ток двигательлирини электркарларда вә металл ишләпчиқириш саһасида турақлиқ ток двигательлирини металл кәскүч станокларға орунлаштуриду.

5-тапшурма. Турақлиқ ток двигателини пайдилинишқа мисаллар кәлтүрүңлар.

IV. Турақлиқ ток генератори

Җавави қандақ?

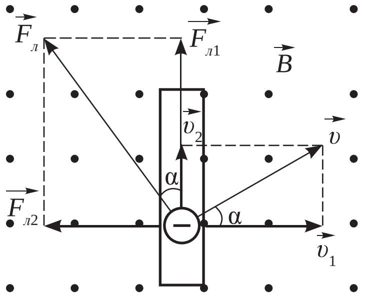
Суниң чүшүш энергиясидин яки қиздурулған һониң қисиминиң тәсиридин роторниң айлиниши вақтида генераторларда өткүзгүчкә перпендикуляр Лоренц күчлириниң тәшкил қилғучи бөләклиригә қарши механикилиқ иш атқурилиду дегәнгә ишинәмсиләр?

6-тапшурма

Караштурулған әсвапларға – двигатель билән генераторға ениқлима бериңлар.

Әскә чүшириңлар!

Генератор роторидиң оримидики зарядләрниң орун алмаштуруш ишини орам бойи билән йөнәлгән Лоренц күчи атқуриду. Өткүзгүчниң илдамлиғиға қарши йөнәлгән, орамға перпендикуляр орунлашқан Лоренц күчлириниң тәшкил қилғучи бөләклири сәлбий иш орунлайду *(345-сүрәт).* Лоренц күчлириниң перпендикуляр тәшкил қилғучи бөләклири өткүзгүчтики зарядләнгән зәрриләрниң йөнәлгән һәрикитидин пәйда болиду.



345-сүрәт. *Магнит еқимидики өткүзгүчниң һәрикити вақтида Лоренц күчиниң тәшкил қилғучи бөләклириниң иши*

Җавави қандақ?

1. *Турақлиқ ток генераториниң иши қандақ һадисигә асасланған?*
2. *Генераторға қошулған электр ламписи униңдинму йоруқ йениши үчүн немә қилиш керәк? У электромагнитлиқ индукция қануниға мувапиқ келәмду?*
3. *Генератор моделиниң рамкисини тешип өтидиған магнит еқими қандақ усул билән өзгириду?*
4. *Двигатель иши билән генератор ишиниң асасий пәрқи немидә?*
5. *Двигательни генератор ретидә пайдилинишқа боламду? Униң үчүн немә қилиш керәк?*

Өз тәҗрибәңлар

Турақлиқ ток генератори моделини ишқа қошуңлар.

Иҗадий тапшурма

1. *ppt*-презентация тәйярлаш:
   – турақлиқ ток двигательлириниң вә генераторлириниң Җумһурийитимиздики ишләп-чиқириш саһасидики роли.
   – Электр двигательлар вә машинилар.
   – Турақлиқ ток генераторини пайдилиниш келәчиги (перспективилири).
2. Электр двигательлар моделини қураштуруңлар

14-бапниң йәкүни

Магнит еқими	Электромагнитлиқ индукция қануни	Катушкиниң магнит мәйдани
$\Phi = BS\cos\alpha$ α- $\vec{B}$ вә $\vec{n}$ векторлири арисидики булуң $\Phi = LI$	Контурниң ЭҺК $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $\varepsilon_i = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ Өткүзгүчниң ЭҺК $\varepsilon_i = Bvl\sin\alpha$ Өзлүк индукцияниң ЭҺК $\varepsilon_{iS} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$	Индуктивлиқ $L = \mu\mu_0 n^2 lS$ Энергия $W_{м.м.} = \frac{LI^2}{2}$ Энергия зичлиғи $\omega_{м.м.} = \frac{W_{м.м.}}{V}$ $\omega_{м.м.} = \frac{B^2}{\mu \cdot \mu_0}$

Қанунлар, қаидиләр

Электромагнитлиқ индукция қануни

Туюқ контурни тешип өтидиған магнит еқими өзгәргәндә, контурда пәйда болидиған индукция ЭҺК мошу контурни тешип өтидиған магнит еқиминиң өзгириш илдамлиғиға тоғра пропорционал.

Максвелл гипотезиси

Өзгәрмә магнит мәйдани бошлуқта күчинишлик сизиқлирини магнит мәйданиниң индукциялик сизиқлири толуқ тәминләйдиған электр мәйданини пәйда қилиду.

Ленц қаидиси

Индукциялик ток һәрқачан өзи пәйда қилип турған магнит мәйдани, шу токни пәйда қилип турған магнит еқиминиң һәрқандақ өзгиришигә қаршилиқ ясайдиғандәк йөнәлгән.

Глоссарий

Индуктивлиқ – катушкиниң инертлиқ хусусийитини характерләйдиған физикилиқ миқдар.

Магнит еқими – магнит мәйданида турған туюқ контурни тешип өтидиған магнит индукциясиниң сизиқ санлири.

Магнит еқими – бу контурни тешип өтидиған магнит мәйданиниң индукциясиниң контур мәйданиға вә рамка мәйданиниң нормали билән магнит индукцияси векториниң арисидики косинус булуңиниң көпәйтиндилиригә тәң физикилиқ миқдар.

Магнит мәйдани энергиясиниң һәҗимлик зичлиғи – магнит мәйданиниң энергетикилиқ характеристикиси, магнитлиқ бесими.

Өзлүк индукция – контур арқилиқ өтидиған токниң өзгириши вақтида өткүзгүч контурда ЭҺКниң пәйда болуши.

Фуко токлири – бирдәк массивлиқ өткүзгүчләрдики индукциялик токлар.

Электрлиқ генератор – механикилиқ энергияни электр энергиясигә айландуридиған машина.

Электромагнитлиқ индукция һадисиси – туюқ өткүзгүч контур арқилиқ өтидиған магнит еқиминиң өзгиришидин индукциялик токниң пәйда болуш һадисиси.

ЛАБОРАТОРИЯЛИК ИШЛАР ВӘ ҖӘДВӘЛЛӘР

ҚОШУМЧИЛАР

- Лабораториялик ишларда, уларни жүргүзүш мәхсити, һаҗәтлик қурал-җабдуқлар көрситилгән, иш җәриянида сүрәтләр, җәдвәлләр билән һесаплаш формулилири берилгән

4

1-қошумчә. Лабораториялик ишлар

1-лабораториялик иш.
Янту тәкшилик бойи билән һәрикәтлинидиған жисимниң иштиклишини ениқлаш

Ишниң мәқсити: янту но бойи билән дүглигән кичиккинә шарниң иштиклишини ениқлаш.

Қурал-жабдуқлар: муфтиси бар шататив вә лампа, металл но, кичиккинә шар, цилиндрлиқ жисим, өлчигүч лента, секундомер.

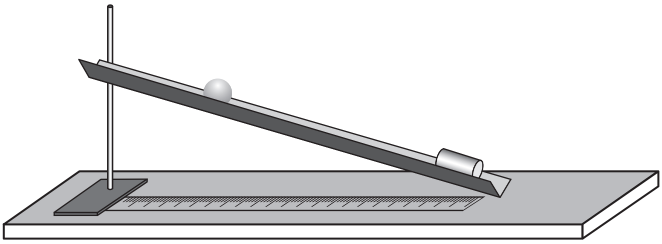
Қисқичә нәзәрийә: Жисим янту но бойи билән иштикләп һәрикәтлинип келиватиду, жисимниң йөткилиши төвәндикигә тәң: $s = \vartheta_0 t + \frac{at^2}{2}$

Дәсләпки илдамлиқниң нөллүк мәнасида: $s = \frac{at^2}{2}$.

Һесаплаш формулисини алимиз: $a = \frac{2s}{t^2}$ (1)

Ишқа көрсәтмиләр:

1. 1-сүрәттә тәсвирләнгән түзүлмини қураштуруңлар, нониң төвәнки тәрипигә цилиндрлиқ жисимни орнитиңлар.
2. Нониң жуқарқи тәрипидин шарни домулитип, но бойи билән дүглигән вақитини секундомерниң ярдими билән һесаплаңлар.
3. Арилиқни өлчәйдиған лента арқилиқ шарниң цилиндрғичә жүрүп өткән йолини ениқлаңлар.
4. Тәкшүрүш натижисини 1-жәдвәлгә толтуруңлар.



1-сүрәт.

1-жәдвәл

№ п/п	Өлчәнгән		Һесапланди	
	Арилиқ s, *м*	Һәрикәтлиниш вақти *t, сек*	Иштикләш *a, м/сек*^{2}	Иштикләшниң оттура мәнаси $a_{om.}$, *м/сек*^{2}
1				
2				
3				
4				
5				

5. Нониң янтулуқ булуңини өзгәртмәй, тәҗрибини 5 рәт қайтилаңлар.
6. Һәр жүргүзгән тәҗрибини жүргүзүш җәриянида шарниң иштиклишини һесаплаш үчүн (1) формулини пайдилиниңлар, нәтиҗисини җәдвәлгә толтуруп туруңлар.
7. Иштикләшниң оттура мәнасини кәлгүси формула билән һесаплаңлар: $a_{от.} = \dfrac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5}{5}$
8. Өлчәш хаталиғини статистикилиқ усул билән баһалаңлар, һәр өлчәш үчүн абсолют хаталиқ: $\Delta a = |a_{от.} - a|$

   абсолют хаталиқниң оттура мәнаси: $\Delta a_{от.} = \dfrac{\Delta a_1 + \Delta a_2 + \Delta a_3 + \Delta a_4 + \Delta a_5}{5}$

   нисбий хаталиқ: $\varepsilon = \dfrac{\Delta a_{от.}}{a_{от.}} \cdot 100\%$
9. Тәкшүрүш нәтиҗисини йезиңлар: ε = … ·100% болғанда $a = a_{от.} \pm \Delta a_{от.}$
10. Елинған нәтиҗини $a = g\sin\alpha$ формулиси билән һесапланған иштикләшниң мәнаси билән селиштуруңлар, бу йәрдики α – янту тәкшиликниң булуңи.

Ишниң йәкүни:

Нодин дүглигән шарниң иштиклишиниң пәйда болуш сәвәплирини йәкүнләңлар. Әркин чүшүш иштиклишиниң тәшкил қилғучисини, өлчәштики әвәтилгән хаталиқларни баһалаңлар. Өлчәштики асасий хаталиқларни атаңлар. Қандақ хаталиқниң түригә ятиду: тәсадипий яки системилиқ? Яхши нәтиҗә елиш үчүн тәҗрибиниң жүргүзүлүшидә немини өзгәртәр едиңлар?

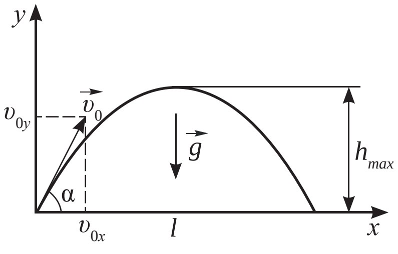
2-лабораториялик иш. Җисимниң учуш жирақлиғиниң ташлаш булуңиға бағлиқлиғини тәкшүрүш

Ишниң мәхсити: упуққа (горизонтқа) булуң ясап ташланған җисим һәрикитиниң асасий қанунлирини тәкшүрүш. Ташлаш булуңиниң қандақ мәналирида учуш жирақлиғи әң чоң болидиғанлиғини ениқлаш.

Қурал-җабдуқлар: лабораториялик баллистикилиқ пистолет, өлчигүч лента, 2 бәт йезиш вариғи, 1 бәт көчәрмә вариғи, йепишқақ лента. Көчәрмә варақ болмиғанда тасқалған юмшақ қумни пайдилишнқа болиду.

Қисқичә нәзәрийә: упуққа булуң ясап ташланған җисимниң учуш жирақлиғи кәлгүси формула билән ипадилиниду *(2-сүрәт)*:

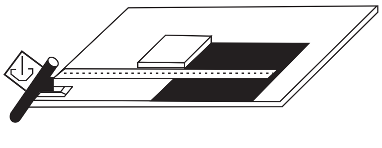
$$l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha_0}{g}$$



2-сүрәт.

Ишниң орунлиниш тәртиви:

1. Баллистикилиқ пистолетниң қурулуши вә иши билән тонушуңлар.
2. Түзүлмини 3-сүрәттә тәсвирләнгәндәк жиғиңлар.
3. Йепишқақ лента билән ақ қәғәзни, 45° булуң билән етилған синақ шар униң әтки булуңиға чүшидиғандәк қилип бәкитиңлар.


3-сүрәт.

4. Көчәрмә қәғәзни қара тәрипи билән бәкитилгән бәткә қоюңлар (көчәрмә қәғәз болмиған вақитта қум толтурулған ящикни қоюңлар).
5. Пистолетни 20°, 30°, 40°, 45° булуң билән орунлаштуруп, һәрбир һаләттә 5 рәттин етиңлар. Шарниң чүшүш изини карандаш билән жүргүзүп, йениға ташлаш булуңини бәлгүләңлар.
6. Өлчәш нәтижилирини жәдвәлгә толтуруңлар.

Шарниң учуш булуңи α_0		20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	90°
Учуш жирақлиғи, *см*	l_1								
	L_2								
	l_3								
	l_4								
	l_5								
Учуш жирақлиғиниң оттура мәнаси, *см*	$L_{от.}$								

7. Варақни алмаштуруп, 50°, 60°, 70°, 90° булуң билән 5 рәт етиңлар.
8. Учуш жирақлиғиниң оттура мәналирини мону формула билән һесаплаңлар:

$$l_{от.} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5}{5}$$

9. Тәкшүрүш соаллириға жавап бериңлар.
   а) булуңларниң қандақ мәналирида учуш жирақлиғи йеқинлашқан түрдә охшаш болиду? Елиған нәтижини учуш жирақлиғини һесаплаш формулисини пайдилинип тәкшүрүңлар Шарниң дәсләпки илдамлиғиниң модулини барлиқ булуңлар үчүн охшаш дәп елиңлар.
   ә) Булуңниң қандақ мәнасида учуш жирақлиғи максимал болиду? Уни нәзәрийә билән бағлаштур.
10. Жүргүзүлгән тәҗрибигә хуласә ясаңлар.

3-лабораториялик иш.
Янту но билән дүгиләйдиған җисимниң һәрикитини оқуп-үгиниш

Ишниң мәхсити: айлиниватқан җисимниң инерция моментини ениқлаш, тәҗрибә жүргүзүш маһаритини-чевәрлигини мустәһкәмләш.

Қурал-жабдуқлар: муфтиси вә қисқучи бар штатив, доға шәклидики но, диаметри 1,5–2 *см* шар, көчәрмә қәғәз, салмақлири һәр түрлүк ташлири бар тараза, икки брусок.

Қисқичә нәзәрийә. Айлиниватқан җисимниң кинетикилиқ энергиясини вә униң булуңлуқ илдамлиғини билсәк, у чағда шарниң инерция моментини ениқлалаймиз:

$$W_{айл.} = \frac{J\omega^2}{2}, \; J = \frac{2W_{айл.}}{\omega^2}. \tag{1}$$

A чекитидики шар *B* чекитигә нисбәтән *mgh* потенциаллиқ энергиягә егә. Но бойи билән дүгләп чүшкән шарниң потенциаллиқ энергияси илгирилимә һәрикәтниң $W_{илг.}$ кинетикилиқ энергиясигә вә айланма һәрикәтниң кинетикилиқ энергиясигә айлиниду. *B* чекитидики шар үчүн энергияниң сақлиниш қануниға мувапиқ кәлгүси тәңлимә орунлиниду:

$$mgh = W_{илг.} + W_{айл.}$$

буниңдин $$W_{айл.} = mgh - \frac{mv^2}{2};$$

мувапиқ, $$J = \frac{2W_{айл.}}{\omega^2} = \frac{m(2gh - v^2)}{\omega^2},$$

бу йәрдики v – шарниң массилар мәркизиниң сизиқлиқ илдамлиғи вә ω B чекитидики булуңлуқ илдамлиғи. Ноға нисбәтән массилар мәркизиниң сизиқлиқ илдамлиғи вә айлиниш оқи билән максимал жирақ ятқан шарниң бетидики чекитниң массилар мәркизигә нисбәтән өз ара тәң, у чағда кәлгүси ипадини йезишқа болиду:

$\omega = \frac{v}{R}$, бу йәрдики R – шарниң радиуси.

Шарниң инерция моменти үчүн төвәндики ипадини алимиз:

$$J = mR^2\left(\frac{2gh}{v^2} - 1\right). \qquad (2)$$

Әгәр үстәлниң бетигичә l арилиқни вә t вақитини билсәк, шарниң массилар мәркизиниң B чекитидики v сизиқлиқ илдамлиғини ениқлашқа болиду:

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

Учуш вақтини кәлгүси нисбәттин алимиз: $H = \frac{gt^2}{2}$ бу йәрдин: $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$.

шундақла, илдамлиқ:

$$v = \frac{l}{\sqrt{2\frac{H}{g}}} \qquad (3)$$

Елинған (3) ипадини (2) формулиға қойсақ, төвәндики тәңлимини алимиз:

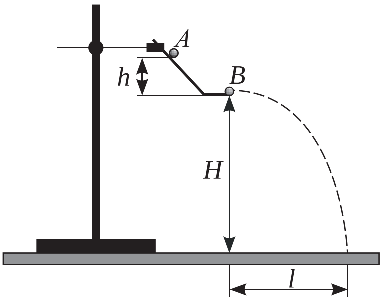
$$J = \frac{mR^2(4hH - l^2)}{l^2}. \qquad (4)$$

Ишниң орунлиниш тәртиви:

1. Доға шәклидики нони штативқа қисқуч билән бәкитиңлар. Ноиң төвәнки тәрипи үстәл бетигә параллель болуши һажәт. h вә H егизликлирини өлчәп, жәдвәлгә толтуруңлар *(4-сүрәт)*:

Тәҗрибә №	Өлчәнгән					Һесапланди		
	m, кг	*R, м*	*h, м*	*H, м*	*l, м*	*J, кг/м*^{2}	$J_{от.}$*, кг/м*^{2}	*J′, кг/м*^{2}
1								
2								

2. Таразиниң ярдими билән шарниң массисини өлчәңлар, нәтиҗисини жәдвәлгә толтуруңлар.
3. Шарни икки брусокниң арисиға орунлаштуруп, униң d диаметрини ениқлаңлар, $R = \frac{d}{2}$ радиусини һесаплаңлар, нәтиҗисини жәдвәлгә толтуруңлар.



4-сүрәт.

4. h егизликтин шарни дүглитип, униң учуш жирақлиғини өлчәңлар, тәҗрибини 5 рәт қайтилаңлар.
5. Һәр жүргүзүлгән тәҗрибә үчүн инерция моментини (4)-формула бойичә ениқлаңлар.
6. Инерция моментиниң оттура мәнасини ениқлаңлар: $J_{от.} = \dfrac{J_1 + J_2 + J_3 + J_4 + J_5}{5}$
7. Өлчәш хаталиғини статикилик усул билән ениқлаңлар, һәр тәҗрибә үчүн абсолют хаталиқни кәлгүси ипадә билән ениқлаңлар: $\Delta J_i = |J_{от.} - J_i|$, абсолют хаталиқниң оттура мәнасини: $\Delta J_{от.} = \dfrac{\Delta J_1 + \Delta J_2 + \Delta J_3 + \Delta J_4 + \Delta J_5}{5}$, нисбий хаталиқ $\varepsilon_J = \dfrac{\Delta J_{от.}}{J_{от.}} \cdot 100\%$.
8. Шарниң инерция моментини мону формула билән һесаплаңлар: $J_2 = \dfrac{2}{5} mR^2$. Бир рәт өлчәнгәндики хаталиқни баһалаңлар: $\varepsilon_J = 2\dfrac{\Delta R}{R} + \dfrac{\Delta m}{m}$, $\Delta J_2 = J_2 \cdot \varepsilon_J$
9. Өлчәш нәтиҗилирини кәлгүси түрдә йезиңлар: $J = J_{от.} \pm \Delta J_{от.}$; $J = J_2 \pm \Delta J_2$; $\varepsilon = \ldots\%$ болғанда
10. Икки усул билән елинған нәтиҗиләрни шарниң инерция моментиниң мәналириниң түз участкисида тәсвирләп, селиштуруңлар.
11. Жүргүзүлгән иш бойичә йәкүн чиқириңлар.

4-лаборатиялик иш.
Бир-биригә булуң ясап йөнәлгән күчләрни қошуш

Ишниң мәхсити: тәҗрибә арқилиқ күчниң миқдарини ениқлаш вә тәҗрибә йүзидә күчләрни қошуш қаидисини тәкшүрүш.

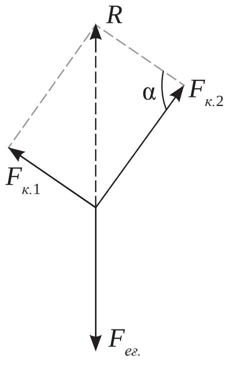
Қурал-җабдуқлар вә материаллар: икки динамометр, икки штатив, брусок, транспортир, илмиги бар жип.

Қисқичә нәзәрийә. Тәң тәсирлик күч, җисимға чүширилгән барлиқ күчләрниң векторлуқ қошидисиға тәң: $\vec{R} = \vec{F}_{к.1} + \vec{F}_{к.2}$

Тәң тәсирлик күчниң қурулушиға бағлиқ үчбулуң яки параллелограмм усули бойичә ениқлайду *(5-сүрәт)*. Санлиқ мәнасини косинуслар нәзәрийәси арқилиқ һесаплайду.

Тәң тәсирлик күчләрниң модули монуниңға тәң:

$$R = \sqrt{F_{к.1}^2 + F_{к.2}^2 - 2F_{к.1}F_{к.2}\cos\alpha}$$



5-сүрәт.

Ишниң орунлиниш тәртиви:

1. Брусокқа тәсир қилғучи күчни ениқлаңлар.
2. Брусокни жипқа илип, штативқа бәлгүлүк бир булуң билән бәкитилгән илмәк учиға икки динамометрни илиңлар. Жиплар созулғанда динамометрниң стержени билән бир түзниң бойида орунлишидиғандәк қилип, штативни орунлаштуруңлар.
3. Динамометрниң көрсәткүчини йезиңлар.

4. Созулған жипларниң арисидики булуңни өлчәңлар.
5. Динамометрниң янту булуңини өзгәртип, тәҗрибини тәкрарлаңлар.

Тәҗрибә №	Өлчәнди				Һесапланди
	Еғирлиқ күчи, *Н*	Керилиш күчи, $F_{к.1}$	Керилиш күчи, $F_{к.2}$	Булуң α	Тәң тәсирлик күч *R, Н*

6. Елинған нәтиҗини.
   – Таллинип елинған масштабта биринчи тәҗрибидики брусокқа тәсир қилидиған күчләр векторлирини тәсвирләңлар, униңдин кейин иккинчисидә векторларниң бешини брусокниң асма чекитигә орунлаштуруңлар. Параллелограмм қаидиси бойичә жипни тартидиған тәң тәсирлик икки күч векторини қураштуруңлар.
   – У векторниң узунлуғини сизғуч билән өлчәңлар. Масштабни етиварға елип, күчни һесаплаңлар вә уни еғирлиқ күчи билән селиштуруңлар.
   – Жипниң тартилиш күчиниң алгебрилиқ қошундисини һесаплаңлар, елинған нәтиҗини еғирлиқ күчи билән селиштуруңлар.
   – Тәң тәсирлик күчни косинуслар теоремиси арқилиқ һесаплаңлар, уни еғирлиқ күчи билән селиштуруңлар.
   – Жипларниң һәр түрлүк булуң билән тартилғандики тартилиш күчлириниң мәналирини селиштуруңлар. Булуңни көпәйтиш тартиш күчиниң миқдариға қандақ тәсир қилиду ?
7. Жүргүзүлгән тәкшүрүшләргә хуласә йезиңлар.
8. Нәтиҗини яхшилаш үчүн тәҗрибидә немини өзгәртишкә болиду?
9. Тәҗрибилик ишни жүргүзүшниң өзәңларниң вариантлириңларни тәклип қилиңлар. Қандақ әсваплар силәргә һаҗәт болиду?

5-лабораториялик иш.
Жуқидиған суюқлуқта һәрикәтлинидиған кичиккинә шар илдамлиғиниң униң радиусиға бағлиқлиғини тәкшүрүш

Ишниң мәхсити: тәҗрибә нәтиҗисидә тәсир қилидиған факторларни ениқлаш вә уларниң алдини елиш усуллирини тәклип қилиш.

Қурал-җабдуқлар: диаметрлири һәр түрлүк егизлиги 15–20 *см*, һәрбир 1 *см*-дин кейин бөлгү қоюлған төрт пробиркилар, пробирка қойидиған тахтайчә, һәр түрлүк маркидики мотор майлири қуюлған қачилар, диаметрлири 0,5 *мм*, 1 *мм*, 1,5 *мм* вә 2 *мм* шарлар, секундомер, қиздурғучи-электроплита.

Қисқичә нәзәрийә. Жуқидиған муһитта чүшидиған шарға үч түрлүк күч тәсир қилиду: еғирлиқ күчи, Архимед күчи вә қаршилиқ күчи. Орун алған һәрикәттә чүшүш илдамлиғи турақлиқ, күчләрниң тәң һәрикити нөлгә тәң:

$$\vec{F}_{еғ} + \vec{F}_A + \vec{F}_{к.} = 0$$

Күч йөнилишлирини етиварға алсақ: $F_{еғ.} = F_A + F_қ$

Елинған нисбәттики күчләрни кәлгүси формулилар билән алмаштуримиз:

$$F_{еғ} = mg = \rho_T \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot g; \qquad F_A = \rho_c \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot g; \qquad F_{к.} = 6\pi\eta R\upsilon$$

Тәңлимини илдамлиққа нисбәтән йешип, илдамлиқни һесаплаш формулисини алимиз:

$$v = \frac{2(\rho_T - \rho_c)\cdot g \cdot R^2}{9\eta}$$

бу йәрдики ρ_T – шарниң зичлиғи, ρ_c – суюуқлуқниң зичлиғи, R – шарниң радиуси, v – шарниң алған илдамлиғи, η – суюқлуқниң жуқушлиғи.

Ишниң орунлиниш тәртиви:

1. Шар илдамлиғиниң униң радиусиға бағлиқлиғини тәкшүрүш.
   Шарниң чүшүш илдамлиғини ениқлаш үчүн жүргән йолниң вақитқа бақлик графигини сизиңлар. Графиктин орунланған һәрикәт сизиғини елиңлар, түзниң бурулуш булуңи арқилиқ шарниң суюуқлуққа чүшүч илдамлиғини ениқлаңлар. Тәҗрибә нәтиҗилири шарниң жуқушлуқ муһиттики чүшүш илдамлиғини һесаплашниң нәзәрийәвий формулиси билән қандақ нисбәттә болиду?
2. Жуқушлуқ муһитта шарниң чүшүш илдамлиғиға тәсир қилидиған факторларни ениқлаш:
   а) диаметри 2 *мм* шарниң башқа суюуқлуққа чүшүш илдамлиғини ениқлаңлар;
   б) диаметри 2 *мм* шарниң температуриси жуқури биринчи суюуқлуқта чүшүш илдамлиғини ениқлаңлар;
   в) диаметри 2 *мм* шарниң кәңирәк пробиркида чүшүш илдамлиғини ениқлаңлар.
3. Жүргүзүлгән тәҗрибә бойичә хуласә ясаңлар.
4. Нәтиҗини яхшилаш үчүн тәҗрибидә немини өзгәртишкә болиду?

6-лабораториялик иш.
Өткүзгүчләрдики арилаш қошушни оқуп үгиниш

Ишниң мәхсити: өткүзгүчлүк шунт, қошумчә қаршилиқ, күчиниш бөлгүчи ретидә қошушни үгиниш.

Арилаш қошулған тизма бөләклиридики күчинишниң тарилишини тәкшүрүш.

Қурал-жабдуқлар: 4 *В*-лиқ турақлиқ ток мәнбәси, 3,5 *В*-лиқ икки лампа.

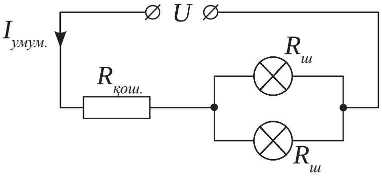
5-50 *Ом* өзгәрмә резистор, үч вольтметр.

Қисқичә нәзәрийә. Әгәр тизма пәйдин-пәй вә параллель қошулған болса, у чағда у арилаш қошулған дәп атилиду.

Өткүзгүч пайдилиниш мәхситигә қарап һәр түрлүк қошулуши мүмкин:

1. Қошумчә қаршилиқ.

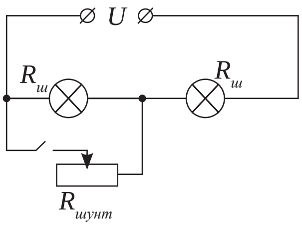
Әгәр қаршилиқ ток мәнбәсиниң түгүнлиридики күчиништин аз күчиниш билән иш ишләшкә беғишланған пәйдин-пәй қошулған өткүзгүчләргә қошулған болса, қошумчә қаршилиқ дәп атилиду *(6-сүрәт)*. Қошумчә қаршилиқ мошу күчинишләрниң айримиси вә тизмидики рухсәт қилинған ток күчи билән һесаплиниду.



6-сүрәт.

2. Шунт.

Әгәр етиварға алмасқа болидиған күчиниши бар өткүзгүч билән электр әсвавиниң контактилирини туюқлисақ, у чағда бу чекитләрниң потенциаллири



7-сүрәт.

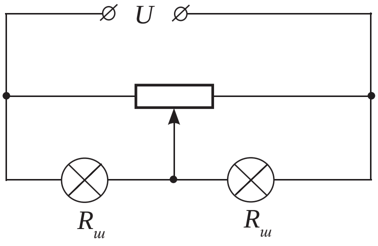
охшаш болиду *(7-сүрәт)*. Өткүзгүчләр учлиридики күчиниш нөлгә тәң болиду. Электр әсвавида ток болмайду. Барлиқ заряд тошиғучилар өткүзгүч арқилиқ өтиду. Мундақ өткзгүч шунт болуп тепилиду.

Шунт билән пәйдин-вәй қошулған ачқуч тизмини оңай башқурушқа мүмкинчилик бериду. 7-сүрәттә схемиси берилгән электр тизмисиға бир яки 2 лампини қошушқа болиду. Тизмини өчирип қошқуч яки реостат ярдими билән башқурушқа болиду.

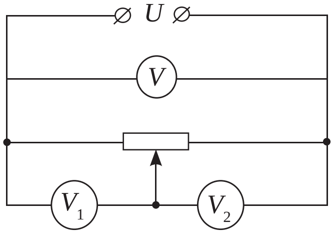
3. Күчинишни бөлгүч (потенциометр).

Өзгәрмә қаршилиқ өткүзгүчи ток мәнбәсиниң түгүнлиридики күчинишни бөлгүлүк нисбәттә тизминиң икки тармиғиға бөлүш мүмкинчилигини бериду. У үчүн әсвапларни 8-сүрәттә көрситилгәндәк қилип қошуш керәк.

Ток мәнбасиниң түгүнлиридики күчиниш билән электр әсваплиридики күчинишниң нисбитини 9-сүрәттә көрситилгән схема бойичә тизма қуруп, ениқлашқа болиду.



8-сүрәт.



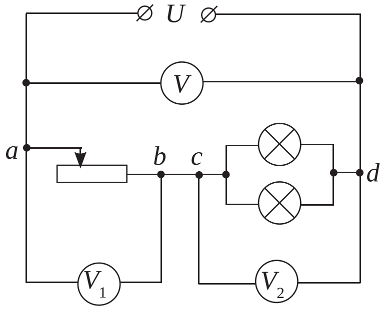
9-сүрәт.

1-тапшурма

Қошумчә қаршилиқ ретидә өзгәрмә резисторни қошуш.

1. 10-сүрәттә көрситилгән схема бойичә тизма қуруңлар.
2. Тизмидики өзгәрмә резисторниң хизмитини атаңлар.
3. Реостат силҗитмисиниң һәр түрлүк җайлишишида амперметр билән вольтметрниң көрсәткүчлирини елиңлар.
4. Нәтиҗиләрни җәдвәлгә толтуруңлар.

№ тәҗрибә	Өлчәнди			Һесапланди
	U_1, В	U_2, В	U, В	$U_1 + U_2$, В
1				



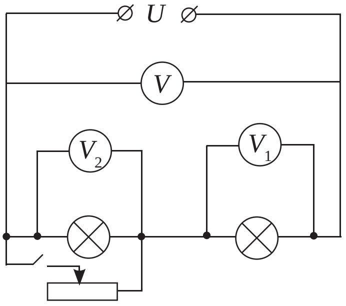
10-сүрәт.

5. Ток мәнбәсиниң түгүнлиридә күчинишләрниң қошундисини *ab* вә *cd* бөләклиридики күчинишләрниң қошундиси билән селиштуруңлар.
6. Резистор силҗитмисини силҗитиш вақтида лампиниң йоруқлинишиниң өзгириш сәвәвини чүшәндүрүңлар.
7. Нәтиҗә чиқириңлар.

2-тапшурма.

Өзгәрмә резисторни вақитчә шунт ретидә қошуш.

1. 11-сүрәттә көрситилгән схема бойичә тизма қуруңлар.



11-сүрәт.

2. Тизмидки өзгәрмә резисторниң вәзиписини ениқлаңлар.
3. Ачқуч очуқ вә йепиқ туюқланған һаләттә амперметр билән вольтметрниң көрсәткүчлирини елиңлар. Нәтиҗини җәдвәлгә толтуруңлар.

№ тәҗрибә	Ачқучниң һалити	Өлчәнди			Һесапланди
		U_1, В	U_2, В	U, В	$U_1 + U_2$, В
1	туюқланған				
2	очуқ				

4. Ачқуч туюқланған һаләттә резистор силҗитмисиниң чәтки вә оттура чекитлиридә орунлишидики вольтметрниң көрсәткүчини елиңлар. Лампиниң йоруқлинишини байқаңлар. Нәтиҗини җәдвәлгә толтуруңлар.

№ тәҗрибә	Резистор силҗитмисиниң орунлиниши	Өлчәнди			Һесапланди
		U_1, В	U_2, В	U, В	$U_1 + U_2$, В
1	Сол тәрәп четидики				
2	Оттурида				
3	Оң тәрәп четидики				

5. Ток мәнбәсиниң түгүнлиридики күчинишни тизма бөләклиридики күчинишләрниң қошундиси билән селиштуруңлар.
6. Биринчи вольтмердики күчинишниң мәнаси 0 болидиған һаләтни көрситиңлар.
7. Нәтиҗә чиқириңлар.

3-тапшурма.

Өзгәрмә резисторни күчинишни бөлгүч ретидә қошуш

1. 9-сүрәттә көрситилгән схема бойичә тизма қуруңлар.
2. Резистор силҗиткучисини бир чәтки чекитттин иккинчи чәттики чекиткә силҗитип, силҗитминиң үч түрлүк орунлиниши үчүн вольтметрниң көрсәткүчиниси елиңлар. Нәтиҗини җәдвәлгә толтуруңлар.

№ тәҗрибә	Өлчәнди			Һесапланди
	U_1, В	U_2, В	U, В	$U_1 + U_2$, В
1				

3. Тизмидики умумий күчинишлик силҗитмисиниң һәрқандақ орунлишишидики өзгәрмә резисторниң оң вә сол бөләклиригә қошулған вольтметрларниң көрсәткүчлириниң қошундисиға тәң екәнлигигә көз йәткүзүңлар.
4. Тизмидики өзгәрмә резисторниң вәзиписини ениқлаңлар.
5. Нәтиҗә чиқириңлар.

7-лабораториялик иш.
Ток мәнбәсиниң электр һәркәтләндүргичи күчи (ЭҺК) билән ички қаршилиғини ениқлаш

Ишниң мәхсити: Ток мәнбәсиниң ЭҺК билән ички қаршилиғини ениқлаш.

Қурал-җабдуқлар: ток мәнбәси – гальвани элементиниң 4,5 *В* батарейиси, амперметр, вольтметр, 6 *Ом*-лиқ реостат, өткүзгүч симлар.

Қисқичә нәзәрийә. 12-сүрәттә тәсвирләнгән схема үчүн тизма бөлиги үчүн $I = \frac{U}{R}$ вә толуқ тизма үчүн $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ Ом қанунлирини пайдилинип, тәк мәнбәсиниң ЭҺК ипадиләймиз:

$$\varepsilon = U_1 + I_1 r. \quad (1)$$

Реостат ярдими билән тизмидики ток күчини өзгәртимиз, шу чағда (1) формула мону түргә өзгириду:

$$\varepsilon = U_2 + I_2 r. \quad (2)$$

(1) вә (2) формулилардин чиқиду: $U_1 + I_1 r = U_2 + I_2 r$, демәк:

$$r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}. \quad (3)$$

(3) формулани (1) формулиға қойсақ, төвәндики ипадини алимиз:

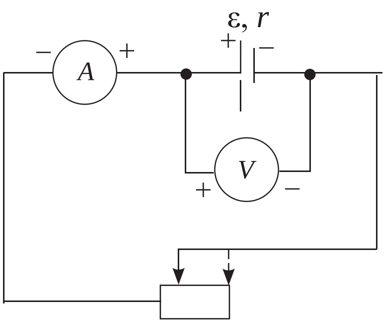
$$\varepsilon = \frac{U_2 I_1 - U_1 I_2}{I_1 - I_2}. \quad (4)$$

Ишниң орунлиниш тәртиви:

1. Схема бойичә тизмини қураштуруңлар *(12-сүрәт)*.
2. Реостат силҗитмисини әсвапниң оттурисаға орунлаштуруңлар.
3. Тизмини туюқлап, амперметр I_1 билән вольтметр U_1 көрсәткүчлирини елиңлар. Нәтиҗиләрни җәдвәлгә толтуруңлар:

№ тәҗрибә	Өлчәнди				Һесапланди				
	I_1, А	*U_1, В*	*I_2, А*	*U_2, В*	*ε, В*	*r, Ом*	*ε, %*	*Δε*	*Δr*

4. Реостатниң қаршилиғини ашуруп, силҗитмини йеңи орунға орунлаштуруңлар вә амперметр I_2 вә вольтметр U_2 көрсәткүчлирини елиңлар. Нәтиҗиләрни җәдвәлгә толтуруңлар.
5. (3) вә (4) формулилири бойичә ток мәнбәсиниңички қаршилиғи билән ЭҺК миқдарлирини ениқлаңлар.
6. Өлчәш әсваплириниң дәллик шкалиси бойичә өлчәш хаталиқлирини һесаплаңлар.
7. Җавапни өлчәш хаталиқларни етиварға елип йезиңлар.
8. Ток мәнбәсиниң ЭҺК уттур өлчәш арқилиқ ениқлаңлар, нәтиҗиләрни селиштуруңлар.



12-сүрәт.

8-лабораториялик иш.
Қизиш ламписиниң, резисторниң, йерим өткүзгүч диодниң вольт-амперлиқ характеристикиси

Ишниң мәхсити: қизиш ламписиниң, резисторниң вә йерим өткүзгүч диодниң вольт-амперлиқ характеристикисини тәкшүрүш.

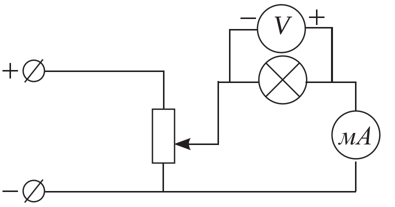
Курал-җабдуқлар: 12 *В* тиригүчиси бар қизиш лампси, 15 *Ом* реостат, вольтметр, 50 *мА* миллиамперметр, 6 *В* ток мәнбәси, 100 *Ом* қаршилиқ магазини, диод, ачқуч, қошқучи симлар.

Ишниң орунлиниш тәртиви

1-тапшурма.

Қизиш ламписиниң вольт-амперлиқ характеристикилирини тәкшүрүш.

1. 13-сүрәттә тәсвирләнгән схема бойичә тизмини қуруңлар.
2. Дәптәрлириңларға өлчәшләр билән һесаплашлар нәтиҗилирини язидиған җәдвәл сизиңлар.



13-сүрәт.

U, В														
I, мА														
R, Ом														

3. Лампидики күчишини 0,5 *В* қәдәм бойичә 0 вольттин 6 вольтқичә көтириңлар. Вольтметр билән миллиамперметрниң көрсәткүчлирини җәдвәлгә толтуруңлар.
5. Лампиниң вольт-амперлиқ характеристикисиниң графигини селиңлар. Елинған нәтиҗини чүшәндүрүңлар.
6. Ток күчи билән күчинишниң һәр түрлүк мәналиридики лампиниң қиздуруш қаршилиғини ениқлаңлар. Нәтиҗиләрни җәдвәлгә толтуруңлар.
7. Лампиниң қиздури симиниң қаршилиғиниң елинған мәналирини анализ қилиңлар.

2-тапшурма.

Резисторниң вольт-амперлиқ характеристикилири тәкшүрүш.

1. Электр тизмисидики шамни 100 *Ом* қаршилиқ магазини билән авуштуруңлар.
2. Дәптәрлириңларға өлчәш нәтиҗилирини язидиған җәдвәл сизиңлар.

U, В						
I, мА (R = 100 Ом)						
I, мА (R = 50 Ом)						

3. Резистордики күчинишни 1 *В* қәдәм бойичә 0 вольттин 6 вольтқичә көтириңлар. Вольтметр билән миллиамперметрниң көрсәткүчлирини җәдвәлгә толтуруңлар.
4. Резисторни 50 *Ом* резистори билән авуштуруңлар. Күчинишниң мәнасини өзгәртмәй, миллиамперниң көрсәткүчисини елиңлар. Нәтиҗиләрни җәдвәлгә толтуруңлар.
5. Резисторниң вольт-амперлиқ характеристикилирини бир координатилиқ тәкшиликтә селиңлар. Қизиш ламписи билән резисторниң вольт-амперлиқ характеристикилириниң пәрқи нәмидә?
6. Резисторлардин елинған вольт-амперлиқ характеристикилири асасида $I = f(U)$ бағлинишлиқ тәңлимисини йезиңлар. Уларниң охшашлиғи немидә? Пәрқичу?

3-тапшурма.

Йерим өткүзгүч диодниң вольт-амперлиқ характеристикилирини тәкшүрүш.

1. Берилгән йерим өткүзгүч диодниң чәклик параметрлирини йезиңлар.
2. Тизмидики резисторни диодқа алмаштуруп, диодқа уттур қошулған электр тизмисини қуруңлар. 1,5 *В* вә 300 *мА* ламписидики диодниң уттур қошулуш параметрлирини етиварға елип, өлчәш әсваплиридики чәкләрни ениқлаңлар.
3. 0,3 *В* қәдәм бойичә диодниң уттур қошулушиниң вольт-амперлиқ характеристикилирини елиңлар. Өлчәш вә һесаплаш нәтиҗилирини җәдвәлгә толтуруңлар.

U, В						
I, мА						
R, Ом						

4. Диодқа әкси қошулған электр тизмисини қуруңлар. Өлчәш чекини лампа билән 15 *В* вә 3 *мА* дәп елиңлар.
5. 1 *В* қәдәм бойичә диодниң әкси қошулушиниң вольт-амперлиқ характеристикисини елиңлар. Өлчәш вә һесаплаш нәтиҗилирини җәдвәлгә толтуруңлар.

U, В						
I, мА						
R, Ом						

6. Кординатилиқ тәкшиликниң биринчи чаригидә уттур қошуш үчүн, үчинчи чаригидә әкси қошуш үчүн ток күчиниң күчинишкә бағлиқ графигини селиңлар. Елинған нәтиҗиләрни чүшәндүрүңлар.
7. Ток күчи билән күчинишниң һәр түрлүк мәналирида диодниң қаршилиғини ениқлаңлар. Нәтиҗиләрни җәдвәлгә толтуруңлар.
8. Диод қаршилиғиниң елинған мәналирини таллаңлар.

9-лабораториялик иш.
Бир валентлиқ ионниң электр зарядини өлчәш

Ишниң мәхсити: тәҗрибә җәриянида электролиз җәрияни вақтидики электрон зарядини ениқлаш.

Қурал-җабдуқлар: мис еритмиси бар электролитлиқ ванна, турақлиқ ток мәнбәси, амперметр, реостат, ачқуч, тараза, секундомер, электроплита, қошқуч симлар.

Қисқичә нәзәрийә. Фарадей қанунлири электрон зарядни жуқури дәллик билән ениқлашқа мүмкинлик бериду. Фарадейниң бириккән қанунидин электр зарядини һесаплаш формулисини ипадиләйлуқ:

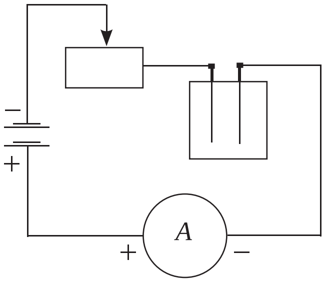
$$e = \frac{MIt}{mN_A n}$$

бу йәрдики m – электродта бөлүнгән мадда массиси, электролизғичә вә униңдин кейин электрод массилириниң айримиси билән ениқлиниду, M – мольлуқ масса, n – ионларниң валентлиғи, I – электролиттики ток күчи, t – электролиз вақти.

Ишниң орунлиниш тәртиви

1. Катод ретидә қолллинидиған мис электродни тазилап, массисини ениқлаңлар. Өлчәнгән масса миқдарини m_1 жәдвәлгә толтуруңлар.

m_1, кг	m_2, кг	m, кг	I, А	t, с	e, Кл



14-сүрәт.

2. Электролитлиқ ванниға электролит билән мис электродлар – анод билән катодни орунлаштуруңлар. Реостат арқилиқ катодни ток мәнбәсиниң сәлбий түгүнигә, анодтни– оң түгүнигә қошуңлар *(14-сүрәт)*.
3. 30 минутқа созулған эксперимент башлиниш вақтини ениқлап, ток мәнбәсини қошуңлар. Тәжрибә жәриянида реостат силжитмисиниң орнини йөткимәй, ток күчиниң турақлиқ миқдар ретидә тутуп туруңлар.
4. Эксперимент вақти пүткәндә, ток мәнбәсини өчүрүңлар. Катодни ажритиңлар, электр плитисида қурутуп, таразиниң ярдими билән массисини m_2 ениқлаңлар. Нәтижиләрни жәдвәлгә толтуруңлар.
5. Мисниң моллуқ массисини $M = 63{,}5 \cdot 10^{-3}$ *кг/моль* дәп елип вә мисниң икки валентлиқ $Z = 2$ екәнлигини етиварға елип, электрон зарядини ениқлаңлар.
6. Елинған миқдарларни жәдвәллик мәналар билән селиштуруңлар. Өлчәш хаталиғини ениқлаңлар.

2-қошумчә.

Грег алфавити					
Α α	альфа	Ι ι	йота	Ρ ρ	ро
Β β	бета	Κ ϰ	каппа	Σ σ	сигма
Γ γ	гамма	Λ λ	лямбда	Τ τ	тау
Δ δ	дельта	Μ μ	мю	Υ υ	ипсилон
Ε ε	эпсилон	Ν ν	ню	Φ ϕ	фи
Ζ ζ	дзета	Ξ ξ	кси	Χ χ	хи
Η η	эта	Ο ο	омикрон	Ψ ψ	пси
Θ θ	тета	Π π	пи	Ω ω	омега

Латин алфавити					
A a	а	J j	жи	S s	эс
B b	бе	K k	ка	T t	тэ
C c	це	L l	эль	U u	у
D d	де	M m	эм	V v	вэ
E e	э	N n	эн	W w	дубль-вэ
F f	эф	O o	о	X x	икс
G g	же	P p	пэ	Y y	игрек
H h	аш	Q q	ку	Z z	зет
I i	и	R r	эр		

3-қошумчә. Физикилиқ миқдарлар җәдвили

1-җәдвәл. *Физикалиқ турақлиқлар*

Физикилиқ турақлиқ	Бәлгүлиниши	Турақлиқниң мәнаси
Вакуумдики йоруқ илдамлиғи	c	$\approx 3 \cdot 10^{8}$ *м/сек*
Элементар заряд (электрон заряди)	e	$-1,6 \cdot 10^{-19}$ *Кл*
Электронниң тиничлиқтики массиси	m_e	$9,1 \cdot 10^{-31}$ *кг*
Протонниң тиничлиқтики массиси	m_p	$1,67 \cdot 10^{-27}$ *кг*
Больцман турақлиғи	k	$1,38 \cdot 10^{-23}$ *Дж/К*
Универсал газ турақлиғи	R	8,31 *Дж/(моль К)*
Гравитациялик турақлиқ	G	$6,67 \cdot 10^{-11}$ *Н · м²/кг*
Планк турақлиғи	h	$6,63 \cdot 10^{-34}$ *Дж · сек*
Фарадей турақлиғи	F	9 648 4,56 *Кл/моль*
Идеал газниң нормал һаләттики молярлиқ һәҗими (t = 0°C, p = 101,325 *кПа*)	$V_м$	$2,24 \cdot 10^{-2}$ *м³/моль*
Авогадро турақлиғи	N_A	$6,02 \cdot 10^{23}$ *моль*$^{-1}$
Абсолют нөллүк температура	T_0	0 *K* = –273,15°C
Нормал атмосферилиқ бесим	$P_{атм.н}$	101325 *Па*
Һаваниң нормал шараиттики зичлиғи	$\rho_{һава}$	1,293 *кг/м³*

2-җәдвәл. *Маддиларниң зичлиғи*

Мадда	Зичлиқ $\left(\frac{г}{см^3},\ яки\ n \cdot 10^3\ \frac{кг}{м^3}\right)$	Мадда	Зичлиқ $\left(\frac{г}{см^3},\ яки\ n \cdot 10^3\ \frac{кг}{м^3}\right)$
Алюминий	2,7	Никель	8,9
Бронза	8,7- 8,9	Қәләй	7,3
Вольфрам	19,34	Платина	21,6
Төмүр, полат	7,8	Қоғушун	11,4

Мадда	Зичлик $\left(\frac{г}{см^3},\ яки\ n \cdot 10^3\ \frac{кг}{м^3}\right)$	Мадда	Зичлик $\left(\frac{г}{см^3},\ яки\ n \cdot 10^3\ \frac{кг}{м^3}\right)$
Алтун	19,3	Күмүч	10,5
Латунь	8,7	Титан	4,5
Мис	8,9	Цинк	7,18

3-җәдвәл. *Маддиларниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғи*

Мадда	$c, \frac{Дж}{кг \cdot °C}$	Мадда	$c, \frac{Дж}{кг \cdot °C}$
Алюминий	920	Кум	880
Су	4200	Платина	140
Һава	1000	Симап	130
Төмүр	460	Қоғушун	140
Керосин	2100	Күмүч	250
Хиш	880	Спирт	2500
Латунь	380	Полат	500
Муз	2100	Әйнәк	840
Мис	380	Цинк	380
Никель	460	Чоюн	540
Қәләй	250	Эфир	3340

4-җәдвәл. *Суюлушниң хас иссиқлиғи, суюлуш температуриси*

Мадда	t,°C	$\lambda,\ 10^4\ \frac{Дж}{кг}$	Мадда	t,°C	$\lambda,\ 10^4\ \frac{Дж}{кг}$
Алюминий	658	39	Қәләй	232	5,9
Төмүр	1539	27	Платина	1774	11
Алтун	1063	6,7	Симап	-39	1,0
Муз	0	34	Қоғушун	327	2,5
Мис	1083	21	Күмүч	960	10
Нафталин	80	15	Цинк	420	12

5-җәдвәл. *Һоға айлинишниң хас иссиқлиғи вә маддиларниң нормал атмосферилиқ бесимда қайнаш температуриси*

Мадда	t,°C	$L,\ 10^6\ \frac{Дж}{кг}$	Мадда	t,°C	$L,\ 10^6\ \frac{Дж}{кг}$
Су	100	2,3	Спирт	78	0,9
Симап	357	0,3	Эфир	35	0,4

6-җәдвәл. *Отунниң хас көйүш иссиқлиғи*

Мадда	$q,\ 10^6\ \frac{Дж}{кг}$	Мадда	$q,\ 10^6\ \frac{Дж}{кг}$
Бензин	46	Ташкөмүр	30
Қоңур көмүр	17	Керосин	46
Водород	120	Нефть	44
Дизель	42,7	Оқ-дора	3,8
Яғач* (қейин)	13	Тәбиий газ	44
Яғач* (қариғай)	13	Спирт	27
Яғач көмүр	34	Торф	14

7-җәдвәл. *Кеңиққан һоларниң бесими билән зичлиғиниң температуриға бағлинишлиғи*

t,°C	p, кПа	ρ, г/м³	t,°C	p, кПа	ρ, г/м³	t,°C	p, кПа	ρ, г/м³
0	0,61	4,84	20	2,34	17,32	40	7,38	51.2
1	0,66	5,18	21	2,49	18,14	41	7,78	53,8
2	0,71	5,54	22	2,64	19,22	42	8,21	56,5
3	0,76	5,92	23	2,81	20,35	43	8,65	59,4
4	0,81	6,33	24	2,99	21,54	44	9,11	62,3
5	0,87	6,76	25	3,17	22,80	45	9,59	65,4
6	0,94	7,22	26	3,36	24,11	46	10,10	68,6
7	1,0	7,70	27	3,57	25,49	47	10,62	72,0
8	1,07	8,21	28	3,78	26,93	48	11,17	75,5
9	1,15	8,76	29	4,01	28,45	49	11,75	79,1
10	1,23	9,33	30	4,25	30,04	50	12,34	82,8
11	1,31	9,93	31	4,50	31,70	55	15,75	104,0
12	1,40	10,57	32	4,71	33,45	60	19,93	129,5
13	1,50	11,25	33	5,03	35,27	65	25,02	160,1
14	1,60	11,96	34	5,27	37,18	70	31,18	196,4
15	1,71	12,71	35	5,63	39,18	75	38,56	239,3
16	1,82	13,50	36	5,95	41,30	80	47,37	289,7
17	1,94	14,34	37	6,28	43,50	85	57,82	348,7
18	2,06	15,22	38	6,63	45,80	90	70,12	417,3
19	2,20	16,14	39	6,99	48,20	100	101,32	588,5

8-җәдвәл. *Критикилиқ температура*

Мадда	Критикилиқ температура t,°C	Мадда	Критикилиқ температура t,°C
Симап	1700	Углерод гази	31
Су	374	Кислород	-118
Этил спирти	243	Азот	-146
Эфир	197	Водород	-240
Хлор	146	Гелий	-263

*9-**жәдвәл.** Психрометрлиқ жәдвәл*

Қурғақ термометр-ниң көрсәткүчи t,°C	Қурғақ вә нәм термометр көрсәткүчлириниң айримиси°C									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	нисбий нәмлик, %									
1	91	80	67	53	36	18				
2	90	81	69	56	41	24	4			
3	90	79	72	59	45	29	11			
4	91	81	69	62	49	34	17			
5	92	82	71	59	52	39	23	5		
6	92	83	73	62	49	43	28	12		
7	93	84	75	64	52	38	33	18	1	
8	93	86	77	67	55	42	28	24	8	
9	94	86	78	69	58	46	33	17	14	
10	94	87	80	71	61	50	37	23	7	
11	94	88	81	73	64	53	41	28	13	
12	95	89	82	75	66	56	45	33	19	4
13	95	90	83	76	68	59	49	38	25	10
14	95	90	84	78	70	62	52	42	30	16
15	96	91	85	79	72	64	55	45	34	22
16	96	91	86	80	74	67	58	49	39	27
17	96	92	87	82	76	69	61	52	43	32
18	96	92	88	83	77	71	63	55	46	36
19	97	93	89	84	79	73	66	58	50	40
20	97	93	89	85	80	74	68	61	53	44
21	97	94	90	86	81	76	70	63	56	48
22	97	94	91	87	82	77	72	66	59	51
23	97	94	91	87	83	79	73	68	61	54
24	98	95	92	88	84	80	75	70	64	57
25	98	95	92	89	85	81	77	71	66	59
26	98	95	93	90	86	82	78	73	68	62
27	98	96	93	90	87	83	79	75	70	64
28	98	96	93	91	88	84	80	76	72	66
29	98	96	94	91	88	85	82	78	73	68
30	98	96	94	92	89	86	83	79	75	70
31	98	97	94	92	90	87	84	80	76	72
32	98	97	95	93	90	88	85	81	78	74
33	99	97	95	93	91	88	85	82	79	75
34	99	97	95	93	91	89	86	83	80	77
35	99	97	96	94	92	90	87	84	81	78
36	99	97	96	94	92	90	88	85	82	79
37	99	98	96	94	93	91	88	86	83	80
38	99	98	96	95	93	91	89	87	84	81

Қурғақ термометр-ниң көрсәткүчи t,°C	Қурғақ вә нәм термометр көрсәткүчлириниң айримиси°C									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	нисбий нәмлик, %									
39	99	98	96	95	93	92	90	88	85	83
40	99	98	97	95	94	92	90	88	86	83

10-җәдвәл. *20°C температуридики суюқлуқларниң бәтлик керилиш коэффициенти*

Мадда	$\sigma, \frac{мН}{м}$	Мадда	$\sigma, \frac{мН}{м}$
Су	73	Сүт	46
Бензин	21	Нефть	26
Глицерин	59	Симап	487
Керосин	24	Спирт	22
Совун еритмиси	40	Сиркә кислотаси	28

11-җәдвәл. *Қаттиқ җисимларниң механикилиқ хусусийәтлири*

Мадда	Созулушниң пухтилиқ чеки $\sigma_{пух.}$, МПа	Әвришимлик модули E, ГПа	Мадда	Созулушниң пухтилиқ чеки $\sigma_{пух.}$, МПа	Әвришимлик модули E, ГПа
Алюминий	100	70	Мрамор	140	70
Бетон	48	20	Қәләй	20	50
Вольфрам	3000	415	Қоғушун	15	16
Гранит	150	49	Күмүч	140	80
Алтун	140	79	Полат	500	200
Хиш	17	3	Әйнәк	90	50
Муз	1	10	Фарфор	650	150
Мис	400	120	Цинк	150	80

12-җәдвәл. *Муһитниң диэлектрлиқ өткүрлүги*

Мадда	Диэлектрлиқ өткүрлүк	Мадда	Диэлектрлиқ өткүрлүк
Су	81	Парафин	2,1
Керосин	2,1	Слюда	6
Май	2,5	Әйнәк	7

13-җәдвәл. *Металлар билән қошулмиларниң хас қаршилиғи*

Мадда	ρ, Ом · м	Мадда	ρ, Ом · м
Алюминий	$2,7 \cdot 10^{-8}$	Нихром	$1,05 \cdot 10^{-6}$
Вольфрам	$5,3 \cdot 10^{-8}$	Қәләй	$1,13 \cdot 10^{-7}$
Төмүр	$9,9 \cdot 10^{-8}$	Осмий	$9,5 \cdot 10^{-8}$

Мадда	ρ, Ом · м	Мадда	ρ, Ом · м
Алтун	$2{,}2 \cdot 10^{-8}$	Платина	$1{,}05 \cdot 10^{-7}$
Константан	$4{,}7 \cdot 10^{-8}$	Симап	$9{,}54 \cdot 10^{-7}$
Латунь	$6{,}3 \cdot 10^{-8}$	Қоғушун	$2{,}07 \cdot 10^{-7}$
Магнанин	$3{,}9 \cdot 10^{-8}$	Күмүч	$1{,}58 \cdot 10^{-8}$
Мис	$1{,}68 \cdot 10^{-8}$	Фехраль	$1{,}1 \cdot 10^{-6}$
Никелин	$4{,}2 \cdot 10^{-8}$	Цинк	$5{,}95 \cdot 10^{-8}$
Никель	$7{,}3 \cdot 10^{-8}$	Чоюн	$5 \cdot 10^{-7}$

14-җәдвәл. *Қаршилиқниң температурилиқ коэффициенти*

Мадда	α, K^{-1}	Мадда	α, K^{-1}
Вольфрам	$5 \cdot 10^{-3}$	Никелин	10^{-4}
Константан	$5 \cdot 10^{-6}$	Нихром	$2 \cdot 10^{-4}$
Магнанин	$8 \cdot 10^{-5}$	Фехраль	$2 \cdot 10^{-4}$

15-җәдвәл. *Электрохимиялик эквивалент*

Мадда	$k, \frac{кг}{Кл}$	Мадда	$k, \frac{кг}{Кл}$
Алюминий	$9{,}32 \cdot 10^{-8}$	Натрий	$2{,}38 \cdot 10^{-7}$
Водород	$1{,}04 \cdot 10^{-8}$	Никель (икки валентлиқ)	$3{,}04 \cdot 10^{-7}$
Алтун	$6{,}81 \cdot 10^{-7}$	Никель (үч валентлиқ)	$2{,}03 \cdot 10^{-7}$
Калий	$4{,}05 \cdot 10^{-7}$	Симап	$2{,}07 \cdot 10^{-6}$
Кальций	$2{,}08 \cdot 10^{-7}$	Қоғушун	$1{,}07 \cdot 10^{-6}$
Кислород	$8{,}29 \cdot 10^{-8}$	Күмүч	$1{,}12 \cdot 10^{-8}$
Магний	$1{,}26 \cdot 10^{-7}$	Хлор	$3{,}67 \cdot 10^{-7}$
Мис	$3{,}29 \cdot 10^{-7}$	Цинк	$3{,}39 \cdot 10^{-7}$

16-җәдвәл. *Парамагнетиклар вә диамагнетикларниң магнитлиқ өткүрлүги*

Парамагнитлиқ маддилар	μ	Диамагнитлиқ маддилар	μ
Азот (газ тәхлит)	1,000013	Водород (газ тәхлит)	0,999937
Һава (газ тәхлит)	1,000038	Су	0,999991
Кислород (газ тәхлит)	1,000017	Әйнәк	0,999987
Кислород (суюқ)	1,0034	Цинк	0,999991
Эбонит	1,000014	Күмүч	0,999981
Алюминий	1,000023	Алтун	0,999963
Вольфрам	1,000175	Мис	0,999912
Платина	1,000253	Висмут	0,999824

Д.И. МЕНДЕЛЕЕВ ЯСИҒАН ХИМИЯЛИҚ ЭЛЕМЕНТЛАРНИҢ ПЕРИОДЛУҚ СИСТЕМИСИ

ПЕРИОД-ТАР	ҚАТАР-ЛАР	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII				
		Э Л Е М Е Н Т Т Е Р Д І Ң Т О П Т А Р Ы											
1	1	H 1 СУТЕГІ 1,008 (1)						(H)				He 2 ГЕЛИЙ 4,003 (2)	K
2	2	Li 3 ЛИТИЙ 6,941 (1 2)	Be 4 БЕРИЛИЙ 9,012 (2 2)	B 5 БОР 10,811 (3 2)	C 6 КӨМІРТЕГІ 12,011 (4 2)	N 7 АЗОТ 14,00 (5 2)	O 8 ОТТЕГІ 15,999 (6 2)	F 9 ФТОР 18,998 (7 2)				Ne 10 НЕОН 20,179 (8 2)	L K
3	3	Na 11 НАТРИЙ 22,990 (1 8 2)	Mg 12 МАГНИЙ 24,305 (2 8 2)	Al 13 АЛЮМИНИЙ 26,981 (3 8 2)	Si 14 КРЕМНИЙ 28,085 (4 8 2)	P 15 ФОСФОР 30,974 (5 8 2)	S 16 КҮКІРТ 32,064 (6 8 2)	Cl 17 ХЛОР 35,453 (7 8 2)				Ar 18 АРГОН 39,948 (8 8 2)	M L K
4	4	K 19 КАЛИЙ 39,098 (1 8 8 2)	Ca 20 КАЛЬЦИЙ 40,08 (2 8 8 2)	Sc 21 СКАНДИЙ 44,956 (2 9 8 2)	Ti 22 ТИТАН 47,90 (2 10 8 2)	V 23 ВАНАДИЙ 50,941 (2 11 8 2)	Cr 24 ХРОМ 51,996 (1 13 8 2)	Mn 25 МАРГАНЕЦ 54,938 (2 13 8 2)	Fe 26 ТЕМІР 55,847 (2 14 8 2)	Co 27 КОБАЛЬТ 58,933 (2 15 8 2)	Ni 28 НИКЕЛЬ 58,70 (2 16 8 2)		N M L K
	5	Cu 29 МЫС 63,546 (1 18 8 2)	Zn 30 МЫРЫШ 65,38 (2 18 8 2)	Ga 31 ГАЛЛИЙ 69,72 (3 18 8 2)	Ge 32 ГЕРМАНИЙ 72,59 (4 18 8 2)	As 33 МЫШЬЯК 74,922 (5 18 8 2)	Se 34 СЕЛЕН 78,96 (6 18 8 2)	Br 35 БРОМ 79,904 (7 18 8 2)				Kr 36 КРИПТОН 83,80 (8 18 8 2)	N M L K
5	6	Rb 37 РУБИДИЙ 85,468 (1 8 18 8 2)	Sr 38 СТРОНЦИЙ 87,62 (2 8 18 8 2)	Y 39 ИТТРИЙ 88,906 (2 9 18 8 2)	Zr 40 ЦИРКОНИЙ 91,22 (2 10 18 8 2)	Nb 41 НИОБИЙ 92,906 (1 12 18 8 2)	Mo 42 МОЛИБДЕН 95,94 (1 13 18 8 2)	Tc 43 ТЕХНЕЦИЙ 98,906 (2 13 18 8 2)	Ru 44 РУТЕНИЙ 101,07 (1 15 18 8 2)	Rh 45 РОДИЙ 102,905 (1 16 18 8 2)	Pd 46 ПАЛЛАДИЙ 106,42 (0 18 18 8 2)		O N M L K
	7	Ag 47 КҮМІС 107,868 (1 18 18 8 2)	Cd 48 КАДМИЙ 112,41 (2 18 18 8 2)	In 49 ИНДИЙ 114,82 (3 18 18 8 2)	Sn 50 ҚАЛАЙЫ 118,69 (4 18 18 8 2)	Sb 51 СҮРМЕ 121,75 (5 18 18 8 2)	Te 52 ТЕЛЛУР 127,60 (6 18 18 8 2)	I 53 ИОД 126,904 (7 18 18 8 2)				Xe 54 КСЕНОН 131,30 (8 18 18 8 2)	O N M L K
6	8	Cs 55 ЦЕЗИЙ 132,905 (1 8 18 18 8 2)	Ba 56 БАРИЙ 137,33 (2 8 18 18 8 2)	La* 57 ЛАНТАН 138,905 (2 9 18 18 8 2)	Hf 72 ГАФНИЙ 178,49 (2 10 32 18 8 2)	Ta 73 ТАНТАЛ 180,94 (2 11 32 18 8 2)	W 74 ВОЛЬФРАМ 183,85 (2 12 32 18 8 2)	Re 75 РЕНИЙ 186,207 (2 13 32 18 8 2)	Os 76 ОСМИЙ 190,2 (2 14 32 18 8 2)	Ir 77 ИРИДИЙ 192,22 (2 15 32 18 8 2)	Pt 78 ПЛАТИНА 195,09 (1 17 32 18 8 2)		P O N M L K
	9	Au 79 АЛТЫН 196,966 (1 18 32 18 8 2)	Hg 80 СЫНАП 200,59 (2 18 32 18 8 2)	Tl 81 ТАЛЛИЙ 204,37 (3 18 32 18 8 2)	Pb 82 ҚОРҒАСЫН 207,2 (4 18 32 18 8 2)	Bi 83 ВИСМУТ 208,980 (5 18 32 18 8 2)	Po 84 ПОЛОНИЙ [209] (6 18 32 18 8 2)	At 85 АСТАТ [210] (7 18 32 18 8 2)				Rn 86 РАДОН [222] (8 18 32 18 8 2)	P O N M L K
7	10	Fr 87 ФРАНЦИЙ [223] (1 8 18 32 18 8 2)	Ra 88 РАДИЙ 226,025 (2 8 18 32 18 8 2)	Ac** 89 АКТИНИЙ [227] (2 9 18 32 18 8 2)	Ku 104 КУРЧАТОВИЙ [261] (2 10 32 32 18 8 2)	Ns 105 НИЛЬСБОРИЙ [261] (2 11 32 32 18 8 2)	106 (2 12 32 32 18 8 2)	107 (2 13 32 32 18 8 2)	108 (2 14 32 32 18 8 2)				Q P O N M L K
ЖОҒАРЫ ОКСИДТЕР		R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4				
ҰШҚЫШ СУТЕКТІК ҚОСЫЛЫСТАР					RH_4	RH_3	H_2R	HR					

Л А Н Т А Н О И Д Т А Р * 58 – 71

Ce 58 ЦЕРИЙ 140,12 (2 8 20 18 8 2)	Pr 59 ПРАЗЕОДИМ 140,908 (2 8 21 18 8 2)	Nd 60 НЕОДИМ 144,24 (2 8 22 18 8 2)	Pm 61 ПРОМЕТИЙ [145] (2 8 23 18 8 2)	Sm 62 САМАРИЙ 150,4 (2 8 24 18 8 2)	Eu 63 ЕВРОПИЙ 151,96 (2 8 25 18 8 2)	Gd 64 ГАДОЛИНИЙ 157,25 (2 9 25 18 8 2)	
Tb 65 ТЕРБИЙ 158,925 (2 8 27 18 8 2)	Dy 66 ДИСПРОЗИЙ 162,50 (2 8 28 18 8 2)	Ho 67 ГОЛЬМИЙ 164,930 (2 8 29 18 8 2)	Er 68 ЭРБИЙ 167,26 (2 8 30 18 8 2)	Tm 69 ТУЛИЙ 168,934 (2 8 31 18 8 2)	Yb 70 ИТТЕРБИЙ 173,04 (2 8 32 18 8 2)	Lu 71 ЛЮТЕЦИЙ 174,967 (2 9 32 18 8 2)	P O N M L K

А К Т И Н О И Д Т А Р ** 90 – 103

Th 90 ТОРИЙ 232,038 (2 10 18 32 18 8 2)	Pa 91 ПРОТАКТИНИЙ 231,036 (2 9 20 32 18 8 2)	U 92 УРАН 238,029 (2 9 21 32 18 8 2)	Np 93 НЕПТУНИЙ 237,048 (2 9 22 32 18 8 2)	Pu 94 ПЛУТОНИЙ [244] (2 8 24 32 18 8 2)	Am 95 АМЕРИЦИЙ [243] (2 8 25 32 18 8 2)	Cm 96 КЮРИЙ [247] (2 9 25 32 18 8 2)	
Bk 97 БЕРКЛИЙ [247] (2 9 26 32 18 8 2)	Cf 98 КАЛИФОРНИЙ [251] (2 8 28 32 18 8 2)	Es 99 ЭЙНШТЕЙНИЙ [254] (2 8 29 32 18 8 2)	Fm 100 ФЕРМИЙ [257] (2 8 30 32 18 8 2)	Md 101 МЕНДЕЛЕВИЙ [258] (2 8 31 32 18 8 2)	(No) 102 НОБЕЛИЙ [255] (2 8 32 32 18 8 2)	(Lr) 103 ЛОУРЕНСИЙ [256] (2 9 32 32 18 8 2)	Q P O N M L K

Sc 21 СКАНДИЙ 44,956 (2 9 8 2)
Элементтің таңбалануы; Атомдық нөмірі; Атомдық массасы; Элемент аты; Электрондардың энергетикалық деңгейлерге таралып орналасуы

– s-элементтер
– p-элементтер
– d-элементтер
– f-элементтер

I энергетикалық деңгей K
II энергетикалық деңгей L
III энергетикалық деңгей M
IV энергетикалық деңгей N
V энергетикалық деңгей O
VI энергетикалық деңгей P
VII энергетикалық деңгей Q

F 9 ФТОР 18,998 (7 2)
Жай заттар түзетін элементтердің – бейметалдардың реттік нөмірі торда жазылған.

Mo 42 МОЛИБДЕН 95,94 (1 13 18 8 2)
Оксидтері мен гидроксидтері амфотерлі қасиет көрсететін элементтердің реттік нөмірі дөңгелекпен берілген.

Na 11 НАТРИЙ 22,990 (1 8 2)
Жай заттар түзетін элементтердің – металдардың реттік нөмірі таңбалармен белгіленбеген.

Пәнлик-аталғулиқ көрсәткүч

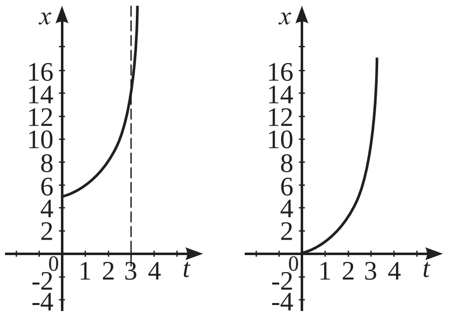
Абсолют қаттиқ җисим 48
Абсолют ноль 105
Авогадро қануни 97
Адиабата җәрияни 133
Аморфлуқ җисим 158
Ампер қануни 264
Ампер күчи 264
Анизотроптилиқ 158
Һаваниң абсолют нәмлиги 147
Бернулли Д. 80
Бернулли тәңлимиси 84
Био-Савар-Лаплас қануни 259
Бойль-Мариотт қануни 120
Больцман Л. 109
Больцман турақлиғи 109
Вебер В. 286
Вискозиметр 90
Гальваностегия 244
Гаусс теоремиси 177
Гей-Люссак қануни 121
Генри Д. 297
Гигрометр 148
Гироскоп 55
Гук қануни 160
Дальтон қануни 123
Десублимация 149
Джоуль–Ленц қануни 227
Диамагнетиклар 277
Динамика 37
Диполь 192
Диссоциация дәрижиси 243
Диэлектриклар 166
Друде–Лоренц нәзәрийәси 232
Иссиқлиқ өткүзгүчлүк 144
Иссиқлиқ сиғдурушлуқ 130
Идеал газ 107
Инерция күчи 40
Карно С. 139
Кельвин шкалиси 105
Кинематика 5
Кинематика формулиси 16
Кирхгофниң I қаидиси 221
Кирхгофниң II қаидиси 116
Клапейрон Б. 122
Клапейрон тәңлимиси 117
Конденсатор 197
Кристаллиқ тор 159
Кулон қануни 168
Қаттиқлиқ 159
Лаплас П. 259
Ленц қаидиси 292
Лоренц Х. 270
Лоренц күчи 270
Магнит мәйдани 257
Магнитлиқ индукция 258
Масса 43
Массилар мәркизи 60
Менделеев – Клапейрон тәңлимиси 116
Мениск 156
Маддиниң хас иссиқлиқ сиғдурушлуғи 131
Механика 4
Моль 97
Ньютонниң I қануни 39
Ньютонниң II қануни 39
Ньютонниң III қануни 40
Мадда мөлчәри 98
Мәйдан энергияси 201
Парамагнетиклар 277
Парциаллиқ бесим 123
Плазма 274
Пирометр 104
Психрометр 149
Пластикилиқ 161
Рекомбинация 243
Рэлей Дж. 96
Статика 59
Стокс формулиси 90
Сублимация 149
Термистор 238
Термодинамика 127
Термодинамикилиқ параметрлар 101
Термодинамикилиқ тәңпуңлуқ 102
Термометр 102
Термоэлектронлуқ эмиссия 251

Температура 102
Тепловизор 104
Торричелли формулиси 94
Ток иши 225
Фарад 197
Фарадейниң I қануни 246
Фарадейниң II қануни 246
Фаренгейт шкалиси 105
Ферромагнетиклар 278
Фоторезистор 238
Фуко Ж. 290
Инвариантлиқ 21
Цельсий шкалиси 104
Шарль қануни 122
Штерн О. 99
Электр токи 208
Электр һәрикәтләндүргүч күч 213
Электр мәйдани 172
Электромагнитлиқ индукция 283
Электролиз 244
Электролит 243
Электролитлиқ диссоциация 243
Электрон-шолилиқ нәйчә 252
Электростатика 165
Электр сиғдурушлуқ 196
Электрохимиялик эквивалент 246
Электрлиқ индукция 167
Эрстед Х.К. 258

Көнүкмиләрниң җаваплири

2-тап**. 1.** 2,8±0,2 *В*; 2,80±0,1 *В*
2. 14,0±0,4 *Ом.*

3-тап**. 1.** 0,07 *м/сек*^{2}. **2.** 2 *м/сек*.
3. −1 *м/сек*^{2}. **4.** 1) 2 *м/сек*^{2}; 0; 1 *м/сек*^{2}, –4 *м/сек*^{2}; 99 *м*; 99 *м*; 2) $x_1 = 5 + t^2$; $x_2 = -4 + 6t$. 3) 1-сүрәт. **5.** 1,39 *м.*



1-*сүрәт.*

4-тап**. 1.** ≈ 8,3 *м/сек*; ≈ -8,3 *м/сек*;
2. 20 *сек*. **3.** 4 *м/сек*. **4.** 90 *сек*, 81 *м*, ≈ 115,6 *сек*. **5.** а) 144 *км/с*; б) 0; в) 102 *км*/с.

5-тап**. 1.** 25 *м/сек* ^{2}. **2.** 25 *м/сек*; 0,71 м^2.
3. -0,314 *рад/сек*^{2}. **4.** 5 *сек*. **5.** ≈ 0,49 *м/сек*; ≈ 0,015 *рад/сек*; ≈ 0,007 *м/сек*^{2}; 0.

6-тап**. 1.** ≈ 0,87 *м.* **2.** 19,8 *м.* **3.** 45°.
4. 540 *м.* **5.** 5,3 *м/сек.*

7-тап**. 1.** 2,5 *Н*. **2.** –0,1 *м/сек*^{2}; 10,1 *м/сек*^{2}.
3. 0,025. **4.** 5,4 *Н*. **5.** 90,4 *сек*.

8-тап**. 1.** ≈ 1497 *км*; **2.** Ай мәркизидин $6R_Й$. **3.** $F = GMm\left(\frac{1}{L^2} - \frac{1}{2(2L - R^2)}\right)$.
4. 3200 *км*, ≈ 2133 *км*, 6400 *км*.
5. 4 һәссә, 9 һәссә, 16 һәссә.
6. ≈ 9,14 *МДж/кг*; ≈ 12,2 *ГДж;*
7. $T = 2\pi\sqrt{\frac{R_з}{g}}$

9-тап**. 1.** $2{\cdot}10^{-3}$ *кг·м*^{2}; 7 *рад/сек*.
2. $4{\cdot}10^4$ *Н·м*. **3.** ≈ 10^{34} *кг·м*^{2}; ≈ $3{,}6{\cdot}10^{22}$ *Дж*. **4.** 24 *Дж*. **5.** $4{,}08{\cdot}10^{-3}$ *кг·м*^{2}; $5{,}71{\cdot}10^{-3}$ *кг·м*^{2}.

10-тап**. 1.** 0,8π *кг·м*^{2}*/сек*. **2.** 2,512 *Н·м*.
3. 6 *Н·м*. **4.** 2,8 *м/сек*^{2}; 14 *Н*; 12,6 *Н*.
5. 3 *м/сек*^{2}

11-тап**. 1.** 120 *кг*. **2.** еғир жүки бар учидин 0,1 *м* ариликта. **3.** полат стерженьниң учидин 11,4 *см* ариликта **4.** 0,96 *м*.
5. 1,34 *м*; $x_c = -R/6$.

12-тап**. 1.** 1) турақлиқ тәңпуңлуқ; 2) әһмийәтсиз тәңпуңлуқ 3) 4) турақсиз тәңпуңлуқ; 5) турақлиқ тәңпуңлуқ; 6) турақсиз; 7) әһмийәтсиз тәңпуңлуқ. **2.** Лим яғач потенциаллиқ энергияси минимал һаләткә келиду. **3.** Бурунурақ серилишни башлайду.

13-тап**. 1.** 10 *м/сек*. **2.** 1470 *м.* **3.** 5 *м/с*, 10 *м/сек*. **4.** 7000 *Дж*, –2100 *Дж*. **5.** 5,24 см; **6.** $-5{,}37{\cdot}10^{10}$ *Дж;* $2{,}68{\cdot}10^{10}$ *Дж;* $-2{,}68{\cdot}10^{10}$ *Дж*. **7.** ≈11,2 *км/сек*.

14-тап**. 1.** 8,8 *м/сек* **2.** ≈ 1,55 *мН*, 1032 *Па*.
3. ≈ 8,9 *м/сек*, ≈ 5,3 *Н*.

15-тап**. 1.** 4,5 *м/сек*. **2.** 4,33 *м/сек*.
3. ≈ 2,3 *л*. **4.** $\upsilon = \sqrt{\frac{8Fd^4}{\pi\rho D^2(D^4 - d^4)}}$.

16-тап**. 1.** 0,84 *см*^{2}. **2.** 0,28 *м*. **3.** 1,38 *м*^{3}.
4. 3 һәссә. **5.** ≈ 4,1 *м/сек*. **6.** 2 *Па·сек*

17-тап**. 1.** Неон, ≈ $2{\cdot}10^{-2}$ *кг/моль*.
2. 316 *моль*. **3.** $4{,}18{\cdot}10^{-9}$ *м*. **4.** 10^5 *моль*.
5. 201 *м/сек*.

18-тап**. 1.** 297 *К*, 300 *К*, 200 *К*, 373 *К*.
2. −269°С, −73°С, 167°С, 27°С. **3.** 29 °С, 27°С, 22°С. **4.** 86°F, 77°F, 68°F.

19-тап**. 1.** ≈ 106,7 *кПа*. **2.** $16{\cdot}10^{-3}$ *кг/моль*.
3. $2{\cdot}10^6$ *Па*, $4{\cdot}10^{-3}$ *кг/моль*. **4.** 500 *К*.
5. $2{,}4{\cdot}10^{25}$ *м*$^{-3}$.

20-тап**. 1.** 286,4 *К*. **2.** 1,2 *моль*. **3.** 1,2 *кг/м*^{3}.
4. $9{,}03{\cdot}10^{25}$. **5.** 100 *кПа*. **6.** 1,7 һәссә.

21-тап**. 1.** 0,7 *МПа*. **2.** 225 К. **3.** 70 *К*.
4. 2,5. **5.** 3. **6.** 346 *К*.

22-тап**. 1.** 15,58 *кДж*-ға азийиде.
2. 18,7 *кДж*. **3.** Як, 900 *Дж*. **4.** 5.
5. 245,3 *Дж/ кг·К*.

23-тап**. 1.** 3,3 *МДж;* 6,1 *МДж*. **2.** 6%.
3. 373,95 *кДж*. **4.** 0,49 *м*^{3}. **4.** 3 *кДж*.
5. −400 *Дж*.

24-тап**. 1.** 20 *Дж*, 20%. **2.** 10^2 *кДж*.
3. η = 9,3%. **4.** 38,7%; 2,7. **5.** 27%; 274 *кДж*.

25-тап**. 1.** 82,8 г/м^3 **2.** 2400 *Па*, қениқмиған. **3.** 53,6 *г/м*^{3}. **4.** 50%. **5.** 35%.

26-тап**. 1.** $1{,}6{\cdot}10^{-3}$ *Н*, май тәрипигә.
2. 78 *мН/м*. **3.** 1,6 *мДж*. **4.** 7 *мм*.
5. 22 *Н/м*.

27-тап**. 1.** 1,9 *кН*. **2.** $3{,}6{\cdot}10^5$ *Па*.
3. $F \geq 2{,}2{\cdot}10^2$ *Н*; $\varepsilon \geq 10^{-3}$. **4.** $4{\cdot}10^7$ *Па*,

$2\cdot10^{11}$ *Па.* **5.** $2\cdot10^{-5}$ *м*^{2}; $2{,}4\cdot10^7$ *Па,* чидайду.

***28-тап*. 1.** 540 *мкН.* **2.** ≈ 10^{-8} *Кл.* **3.** -5 *мкКл*; -5 *мкКл*; 22,5 *Н.* **4.** Шарниң астида $2{,}8\cdot10^{-8}$ *Кл,* шарниң үстидә – $2{,}8\cdot10^{-8}$ *Кл.* **5.** 1,3 *г.*

***29-тап*. 1.** $1{,}76\cdot10^{12}$ *м/сек*^{2}. **2.** а) 576 *кВ/м,* 432 *кВ/м.* **3.** 3°-қа азийиду. **4.** $4\cdot10^{-6}$ *В/м,* ≈ $1{,}8\cdot10^{-15}$ *Кл.* **5.** $1{,}2\cdot10^4$ *В/м.*

***30-тап*. 1.** –9 *нКл.* **2.** $E_A = 0$,

$$E_B = k\frac{\sigma\cdot 4\pi r^2}{R_B^2},\ E_C = k\frac{\sigma\cdot 4\pi\left(r^2+R^2\right)}{R_C^2}.$$

3. $r < R$ болғанда $E(r) = 0$. $R < r < R_1$ болғанда $E(r) = k\dfrac{\sigma\cdot 4\pi R^2}{r^2}$.

$R_1 < r < R_2$ болғанда $E(r) = 0$. $R_2 < r$ болғанда $E(r) = k\dfrac{\sigma\cdot 4\pi R^2}{r^2}$. **4.** $0 < x < d$ болғанда $E(x) = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_a}$ **5.** $-1{,}77\cdot10^{-7}$ *Кл/м*^{2}.

6. $1{,}73\cdot10^{-6}$ *Кл/м*^{2}.

***31-тап*. 1.** ≈ $1{,}8\cdot10^{-6}$ *Дж.*

2. $A=\dfrac{aq}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\left[\dfrac{q_1}{(d+l)(d+l+a)}+\dfrac{q_1}{l(l+a)}\right]$

3. ≈ $1{,}73\cdot10^{-19}$ *Кл.* **4.** 25 *В.* **5.** ≈ $1{,}13\cdot10^{-4}$ *Дж*

***32-тап*. 1.** 50 к*В/м.* **2.** ≈ $4\cdot10^{42.}$ **3.** $3\cdot10^{-5}$ *Дж,* - $3\cdot10^{-5}$ *Дж,* 6000 *В.* **4.** -0,126 *мкДж.*

***33-тап*. 1.** – 4 *нКл*, 4 *нКл*, *E* = 0. **2.** $\Delta F = \dfrac{2kq_1^2\left(2r_1-3l\right)r_1}{l^2\left(3l-4r_1\right)^2}$. **3.** 3,56 *Н;* 0,14 *м.* **4.** 0,27 *м.* **5.** 8,84 *мН.*

***34-тап*. 1.** $5\cdot10^{-9}$ *Кл.* **2.** 100 *В.* **3.** 6 *мкФ,* 3 *мкФ.* **4.** 165 *В,* 55 *В.* **5.** $3{,}2\cdot10^{-5}$ *Кл.*

***35-тап*. 1.** 0,625 *мкДж* **2.** 10^{-8} *Кл,* $5\cdot10^{-6}$ *Дж.* **3.** 2 һәссә; **4.** ≈ 220 *мкДж* **5.** 97 *мДж/м*^{3} **6.** 0,25 *Дж,* 500 *В,* 0.

***36-тап*. 1.** 0,17 *А;* 6 *мин.* **2.** 10^9 *А/м*^{2}; $5\cdot10^5$ *А/м*^{2}. **3.** $5\cdot10^{-4}$ *Ом·м.* **4.** 2,5 *Ом;* 4 *Ом;* 6 *Ом;* 10 *Ом;* 13,5 *Ом;* 25 *Ом;* 26,7 *Ом;* 40 *Ом.* **5**. 2,5 *Ом.*

***37-тап*. 1.** 0,3 *А.* **2.** 0,1 *А.* **3.** 9,7 *В.* **4.** ≈ 0,1 *Ом* **5**. 2 *А.*

***38-тап*. 1.** 0,5 *А;* 3,5 *В.* **2.** 3,5 *А.* **3.** 0,47 *А.* **4.** 2 *В.* **5**. 5,12 *А;* **6.** 6,14 *В;* **7.** 0,2 *А;* 180 *Дж;* 168 *Дж;* 12 *Дж.*

***39-тап*. 1.** 13,5 *Ом;* **2.** 6,7 *Ом.* **3.** 0,25 *Ом.* **4**. 1,4 *А.* **5**.0,06 *А.*

***40-тап*. 1.** ≈ 1680 *Дж.* **2.** 3,18 *мин.* **3.** ≈ 1,22 һәссә өсиду. **4.** 24,2 *Ом.* **5.** 20 *мин*; 3,75 *мин.* **6.** 4, пәйдин-пәй. **7.** 60%.

***41-тап*. 1.** $5{,}7\cdot10^{-11}$ *кг·м/сек.* **2.** 0,82 м*м/сек.* **3.** 0,42 *В/м.* **4.** ≈12,5. **5.** 0,0045 *К*$^{-1}$. **6.** 7,9%-ға кемийду.

***42-тап*. 1.** $6{,}7\cdot10^{-10}$. **2.** $2{,}3\cdot10^{-7}$ %. **3.** $9{,}6\cdot10^{-5}$ %. **4.** 3 һәссә кемийду. **5.** 10 һәссә.

***43-тап*.** 1. 53,5 *мг.* **2.** $2{,}35\cdot10^{21}$. **3.** 4,1 *кг.* **4.** $5{,}68\cdot10^{17}$. **5.** 10 *мин*; 4,6 *мкм.*

***44--тап*. 1** 4,15 *В.* **2.** 80 *нА.* **3.** 3 *мВ/м,* **4.** 4 *нсек.* **5.** 3,2 *кВ.*

***45-тап*. 1.** Брусокларни Т һәрипи шәклидә жиғиш, әгәр брусок, учи билән йәнә бир брусокқа қаритилған магнит болса, у чағда улар бир биригә тартилиду. Әкси һаләттә тәсирләшмәйду. **2.** $4\cdot10^{-5}$ *Тл.* **3.** ≈ $1{,}67\cdot10^{-4}$ *Тл.* **4.** ≈ 12 А.

***46-тап*. 1.** 0. **2.** 98 *А.* **3.** $F_1 = 0{,}148$ *Н;* $F_2 = 0{,}048$ Н. **4.** 250 *кА.* **5.** ≈ 277 *мН·м.*

***47-тап*. 1.** $2\cdot10^{-8}$ *Н.* **2.** $1{,}6\cdot10^{-15}$ Н; 0,569 *мм.* **3.** $2{,}8\cdot10^4$ *сек*$^{-1}$. **4.** 5·10–17 *Дж.* **5.** $1{,}04\cdot10^6$ *м/сек.*

***48-тап*. 1.** 2000, 1000. **2.** 1,75-кә өссиду. **3.** 0.

***49-тап*. 1.** 5 *м.* **2.** –1,36 *мВб*; 0.

***50-тап*. 1.** –0,25 *Вб/сек.* **2.** $3{,}14\cdot10^{-6}$ *Кл.* **3.** 10 *В.* **4.** а) *D*-дан *С*-ғичә б) *С*-дин *D*-ғичә в) *D*-дин *С*-ғичә г) *С*-дин *D*-ғичә. **5.** 4 *В.*

***51-тап*. 1.** 16 *Вб.* **2.** 0,04 *В.* **3.** $1{,}5\cdot10^{-4}$ *Вб.* **4.** 1,75 *Ом.* 5. 0,1 *Вб.*

Пайдилинилған әдәбиятлар тизими

1. Жалпы орта білім беру деңгейінің жаратылыстану-математикалық бағытындағы 10-11-сыныптары үшін «Физика» пәнінен жаңартылған мазмұндағы үлгілік оқу бағдарламасы.– Астана: Ы.Алтынсарин атындағы ҰБА, 2017.
2. Ванеев А. А., Корж Э.Д., Орехов В.П. Преподавание физики в 9 классе. Москва: Просвещение,1980.
3. Ванеев А.А., Дубицкая З.Г., Ярунина Е.Ф. Преподавание физики в 10 классе средней школы. Москва: Просвещение,1978.
4. Орехов В.П., Усова А.В., Турышев И.К. и др. Методика преподавания физики в 8-10 классах средней школы. Москва: Просвещение, 1980.
5. Кабардин О.Ф., Кабардина С.И., Орлов В.А. и др. Методика факультативных занятий по физике: пособие для учителей.− М.:Просвещение, 1980.−191 с.
6. М. М. Балашов Физика. Пробный учебник для 9 класса средней школы. – Москва:Просвещение, 1993.
7. Тарасов Л.В., Тарасова А.Н. Вопросы и задачи по физике (Анализ характерных ошибок поступающих во втузы): Учебное пособие.−4-е изд., стереотип.−М.:Высш. шк.,1990.−256 с.
8. Физика. Перевод сек английского Ахматова А.С. и др. – Москва: Наука, 1965.
9. Л.Эллиот, У.Уилкокс Физика. Перевод сек английского под редакцией проф. Китайгородского А.И. Москва, Главная редакция физико-математической литературы издательства Наука,1975.
10. Кикоин И. К., Кикоин А. К. Физика. Учебник для 9 класса средней школы. – М.:Просвещение, 1992.
11. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б. Физика. Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. – М.:Просвещение, 1995.
12. Шахмаев Н. М. и др. Физика. Учебник для 11 класса средних школ. – М.: Просвещение, 1991.
13. Элементарный учебник физики под ред. акад. Ландсберга, том I. –Издательство «Наука». Главная редакция физико-математической литературы. – Москва, 1975.
14. Элементарный учебник физики под ред. акад. Ландсберга, Т.2. Электричество и магнетизм. – 13-е изд.− М.:ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 480 с.
15. Балашов М.М., Гомонова А.И., Долицкий А.Б. и др.; Под ред. Мякишева Г.Я. Физика: Механика: Учеб. Пособие для шк. И классов сек углубл.изуч. физики/ − М.: Просвещение, 1995.− 480 с.
16. Грабовский Р.И. Курс физики: Учебное пособие. 11-е изд., стер.− СПб.: Издательство «Лань», 2009.− 608 с.
17. Кабардин О.Ф. Физика: справ. материалы: Учеб.пособие для учащихся.− 3-е изд. – М.: Просвещение, 1991.−367 с.
18. Б.Кронгарт, В.Кем, Н.Койшибаев. Физика: Учебник для 10 классов естественно-математического направления общеобразовательных школ. – Алматы: «Мектеп», 2006. −352 с.
19. Рымкевич А.П., П.А. Рымкевич Сборник задач по физике. – Москва: «Просвещение», 1984.
20. Сборник задач по физике: Для 10-11 кл. общеобразовательных учреждений/ Сост. Г.Н. Степанова. М.: Просвещение, 2001.

21. Гладкова Р.А., Добронравов В.Е., Жданов Л.С., Цодиков Ф.С. Сборник задач и вопросов по физике для средних специальных учебных заведений.– изд.2.исправл. М.: Наука, 1974.
22. Сборник задач по физике. 10-11 классы: пособие для учащихся общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни/ Парфентьева Н.А.– 3-е изд.– М.: Просвещение, 2010.– 206 с.
23. Парфентьева Н.А. Задачи по физике. Для поступающих в вузы, − М.: Классикс Стиль, 2005.−480 с.
24. Физика в задачах для поступающих в вузы/ Турчина Н.В.– М.: ООО Издательство «Оникс»; ООО «Издательство «Мир и образование»», 2008. – 768 с.
25. Сборник задач по физике: Учебное пособие/Баканина Л.П., Белонучкин В.Е., Козел С.М., Мазанько И.П.: Под ред.Козела С.М. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 288 с.
26. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1976.−464 с.
27. Зубов В.Г., Шальнов В.П. Задачи по физике. −М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1975.−280 с.
28. Вертельник В.И., Позднеева Э.В. и др. Физика. Тренинговые задания: в 2 ч.– Томск. Том.политехн. ун-т, 2006.−ч.1.−170 сек
29. Физический практикум для классов сек углубленным изучением физики: Дидакт. материалы: 9-11 кл./ Дик Ю.И., О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов и др.– М.: Просвещение, 1993
30. Буров В.А., Дик Ю.И., Зворыкин Б.С и др Практикум по физике в средней школе: дидакт. материал.– М.: Просвещение, 1987.
31. Қазақша-орысша. Орысша-қазақша терминологиялық сөздік. Физика және астрономия. – Алматы: «Қазақпарат» баспа корпорациясы, 2014. –388 б. Мемлекеттік терминологиялық комиссия бекіткен.
32. Орысша-қазақша сөздік. А. Байтұрсынов атындағы Тіл білімі институты, – Алматы. Дайк-пресс – 2005.
33. Физика: Еженедельник Издательского дома «Первое сентября». Адрес сайта: http://fiz.1september.ru/.
34. Классная физика: Образовательный сайт. Адрес сайта: http://class-fizika.narod.ru
35. Гельфер Я.М. Законы сохранения.−М.: «Наука», 1967.
36. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Теоретическая физика. Механика. −М.: «Наука», 1988.

Мундәрижә

Киришмә ... 4

I бөлүм. Механика

1-БАП. Кинематика ... 5

§ 1. Физикиниң һазирқи замандики орни ... 6

§ 2. Физикилиқ миқдарларниң хаталиқлири. Өлчәш нәтижилирини тәһлил қилиш ... 10

§ 3. Бирхил иштиклимә һәрикәтлинидиған жисим кинематикисиниң асасий чүшәнчилири билән тәңлимилири ... 15

§ 4. Инвариантлиқ вә нисбийәтлик физикилиқ миқдарлар. Г алилейниң нисбийәтлик принципи ... 21

§ 5. Әгир сизиқлиқ һәрикәт кинематикиси ... 26

§ 6. Упуққа булуң ясап ташланған жисимниң һәрикити ... 31

II Упуққа булуң ясап ташлаған жисимниң координатилири ... 32

2-БАП. Динамика ... 37

§ 7. Күчләр. Күчләрни қошуш. Ньютон қанунлири ... 38

§ 8. Пүткүл аләмлик тартилиш қануни ... 43

§ 9. Абсолют қаттиқ жисимниң инерция моменти ... 48

§ 10. Импульс моменти. Импульс моментиниң сақлиниш қануни вә униң бошлуқ хусусийәтлири билән бағлинишлиғи. Айланма һәрикәт динамикисиниң асасий тәңлимиси ... 53

3-БАП. Статика ... 59

§ 11. Массилар мәркизи ... 60

§ 12. Тәңпуңлуқниң түрлири ... 66

4-БАП. Сақлиниш қанунлири ... 71

§ 13. Импульсниң вә механикилиқ энергиянин сақлиниш қанунлири һәм уларниң бошлуқ, йәни вақитниң хусусийәтлири билән бағлиниши ... 72

5-БАП. Суюқлар билән газларниң механикиси ... 79

§ 14. Гидродинамика. Суюқлуқ билән газларниң ламинарлиқ вә турбулентлиқ еқими ... 80

§ 15. Үзлүксиз тәңлимиси. Бернулли тәңлимиси. Көтәргүчи күч ... 84

§ 16. Жуқудиған суюқлуқ еқими. Стокс формулиси. Жисимларниң еқими ... 89

2 бөлүм. Исссиқлиқ физика

6-БАП. Молекула- кинетикилиқ нәзәрийәниң асаслири ... 95

§ 17. Молекула кинетикилиқ нәзәрийәниң асасий қаидилири вә уларни тәжрибидә испатлап бериш ... 96

§ 18. Термодинамикилиқ системилар вә термодинамикилиқ параметрлар. Термодинамикилиқ системиларниң тәңпуң вә тәңпуң әмәс һаләтлири. Температура мадда зәррилириниң иссиқлиқ һәрикитиниң оттура кинетикилиқ энергиясиниң өлчими ретидә ... 101

§ 19. Идеал газ. Газларниң молекула кинетикилиқ нәзәрийәсиниң асасий тәңлимиси ... 107

7-БАП. Газ қанунлири ... 115
§ 20. Идеал газ һалитиниң тәңлимиси ... 116
§ 21. Изоҗәриянлар. Изоҗәриянларниң графиклири. Дальтон қануни ... 120
8-БАП. Термодинамика асаслири ... 127
§ 22. Идеал газниң ички энергияси. Термодинамикилиқ иш.
Иссиқлиқ мөлчәри, иссиқлиқ сиғдурушлуқ. ... 128
§ 23. Термодинамикиниң биринчи қануни. Термодинамикиниң
биринчи қанунини изоҗәриянларға қоллиниш. Адиабатлиқ җәриян,
Пуассон тәңлимиси ... 133
§ 24. Қайтидиған вә қайтмайдиған җәриянлар. Энтропия.
Термродинамикиниң иккинчи қануни. Айланма җәриян
вә униң пайдилиқ иш коэффициенти, Карно цикли ... 138
9-БАП. Суюқ вә қаттиқ җисимлар ... 145
§ 25. Қениққан вә қеніқмиған һолар, һаваниң нәмлиги. Фазилиқ диаграммилар,
үчлүк чекит, маддилиқ кризислиқ һалити ... 146
§ 26. Суюқлуқниң бәтки қәвитиниң хусусийәтлири.
Жуқуш, капиллярлиқ һадисиләр ... 153
§ 27. Кристалл вә аморфлуқ җисимлар.
Қаттиқ җисимларниң механикилиқ хусусийәтлири ... 158

3 бөлүм. Электр вә магнетизм
10-БАП. Электростатика ... 165
§ 28. Электр заряди. Зарядниң бәтлик вә һәҗимлик зичлиғи.
Зарядларниң сақлиниш қануни. Кулон қануни ... 166
§ 29. Электр мәйдани. Бирхил вә бирхил әмәс электр мәйдани.
Электр мәйданлириниң суперпозиция принципи ... 172
§ 30. Электр мәйданиниң күчинишлик векториниң еқими. Гаусс теоремиси ... 177
§ 31. Зарядниң орун йөткигәндики электр мәйданиниң иши.
Электр мәйданиниң потенциали вә потенциал айримиси ... 182
§ 32. Эквипотенциаллиқ бәтләр. Бирхил электр мәйдани үчүн п
отенциаллар айримиси билән күчинишлик арисидики бағлиниш ... 187
§ 33. Электр мәйданидики өткүзгүчләр вә диэлектриклар ... 191
§ 34. Электр сиғдурушлуқ. Конденсаторлар. Конденсаторларни қошуш ... 196
§ 35. Электр мәйданиниң энергияси ... 201
11-БАП. Турақлиқ ток ... 207
§ 36. Электр токи. Тизма участкиси үчүн Ом қануни.
Өкүзгүчләрни арилаш қошуш ... 208
§ 37. Ток мәнбәсиниң электр һәрикәтләндүргүчи күчи вә ички қаршилиғи ... 212
§ 38. Толуқ тизма үчүн Ом қануни ... 216
§ 39. Кирхгоф қанунлири ... 220
§ 40. Электр токиниң иши вә қуввити. Джоуль-Ленц қануни.
Ток мәнбәсиниң пайдилиқ иши ... 225
12-БАП. Һәрхил муһитлардики электр токи ... 231
§ 41. Металлардики электр токи. Адәттин ташқири өткүзгүчлүк ... 232
§ 42. Йерим өткүзгүчтики электр токи. Йерим өткүзгүч әсваплар ... 237

§ 43. Электролитларниң еритидиниси билән еритмилиридики электр токи. Электролиз қанунлири 243
§ 44. Газлардики электр токи. Вакуумдики электр токи. Электрон-шолилиқ нәйчә 248
13-БАП. **Магнит мәйдани** 257
§ 45. Токи бар өткүзгүчниң өз ара тәсирлишиши. Амперниң вә Эрстедниң тәҗрибилири. Магнитлиқ индукция вектори. Токи бар чәксиз түз вә чәмбәрлик өткүзгүчниң магнит мәйданиниң индукцияси. Бурға қаидиси 258
§ 46. Ампер күчи. Сол қол қаидиси 264
§ 47. Лоренц күчи. Магнит мәйданида зарядланған зәрриләрниң һәрикити 270
§ 48. Маддиларниң магнитлиқ хусусийәтлири. Кюри температуриси 277
14-БАП. **Электромагнитлиқ индукция** 283
§ 49. Электромагнитлиқ индукция һадисиси. Магнит еқими. Ампер күчиниң иши 284
§ 50. Электромагнитлиқ индукция қануни. Ленц қаидиси 289
§ 51. Өзлүк индукция һадисиси. Индуктивлиқ. Магнит мәйданиниң энергияси 295
§ 52. Электр двигатели вә турақлиқ ток электрогенераторы 300

4 бөлүм. Қошумчилар
Қошумчилар 305
Лабораториялик ишлар вә җәдвәлләр 305
1-қошумчә. Лабораториялик ишлар 306
2-қошумчә. 319
3-қошумчә. Физикилиқ миқдарлар җәдвили 319
Пәнлик-аталғулиқ көрсәткүч 326
Көнүкмиләрниң җаваплири 328
Пайдилинилған әдәбиятлар тизими 330

Назифа Анваровна Закирова
Руслан Рауфович Аширов

ФИЗИКА

(Ұйғыр тілінде)

Умумий билим беридиған мәктәпләрниң тәбиий-математикилиқ йөнилишидики 10-синиплириға беғишланған дәрислик

Рәссамлар	Е. Ермилова, А. Айтжанов
Баш редактор	К. Караева
Редактор	Б. Шарипов
Бәдиий редактор	Е. Мельникова
Бильд-редактор	Ш. Есенкулова
Муқавиниң дизайни	В. Бондарев, О. Подопригора
Дизайни	О. Подопригора
Компьютерда сәһипилигән	Л. Костина, С. Сулейменова, Г. Илишева

Сатып алу үшін мына мекенжайларға хабарласыңыздар:
Нұр-Сұлтан қ., 4 м/а, 2 үй, 55 пәтер.
Тел.: 8 (7172) 92-50-50, 92-50-54. E-mail: astana@arman-pv.kz
Алматы қ., Ақсай-1А м/а, 28Б үй.
Тел.: 8 (727) 316-06-30, 316-06-31. E-mail: info@arman-pv.kz

«Арман-ПВ» кітап дүкені
Алматы қ., Алтынсарин к/сі, 87 үй. Тел.: 8 (727) 303-94-43.

Теруге 15.08.19 берілді. Басуға 01.11.19 қол қойылды. Пішімі 70 x 100 $^{1}/_{16}$.
Қағазы офсеттік. Қаріп түрі «Times New Roman». Офсеттік басылыс.
Шартты баспа табағы 27,09. Таралымы 700 дана.
«Print House GERONA» типографиясында басылған. Алматы қ., Сәтбаев көшесі 30А/3,
Х.Ерғалиев жағалауы көшесінің қиылысы, 124-офис. Тел.: (727) 250 47 40.

Артикул 810-012-002уй-19