

Н.А. Закирова  
Р.Р. Аширов

# ФИЗИКА

Умумтаълим мактабларининг  
табиий-математика йўналишидаги  
10-синфлари учун дарслик

10



2019

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ЖАЗУШЫ»  
БАСПАСЫ

ӘОЖ 373.167.1  
КБЖ 22.3 я 72  
3-16

*Қозоғистон Республикаси  
Таълим ва фан вазирлиги тасдиқлаган*

*Ўзбек тилидаги нашрға «Жазушы» нашриёти тайёрлاغан*

Закирова Н.А., Аширов Р.Р.

**3-16 Физика:** Умумтаълим мактабларининг табиий-математика йўналишидаги 10-синфлари учун дарслер / Н.А. Закирова, Р.Р. Аширов. – Нўр-Сўлтан: «Арман-ПВ» баспасы – Алматы: «Жазушы» баспасы, 2019. – 344 б.

ISBN 978-601-200-673-5

«Физика» дарслиги умумтаълим мактабларининг табиий-математика йўналишидаги 10 синфлари учун мўлжалланган янгиланган мазмундаги намунавий ўқув дастурига мос ёзилди. Материалларни баён қилишда ўқитишнинг илмийлик принципи ва ўқувчиларнинг ёш хусусиятлари ҳисобга олинган.

ӘОЖ 373.167.1  
КБЖ 22.3 я 72

ISBN 978-601-200-673-5

© Закирова Н.А., Аширов Р.Р., 2019

© «Арман-ПВ» баспасы, 2019

Барча ҳуқуқлари ҳимояланган.

Босмахона рухсатисиз кўчириб  
босиб чиқаришга бўлмайди.

Ўзбек тіліне «Жазушы» баспасында  
аударылды, 2019

# Шартли белгилар

## Таърифлар

### Назорат саволлари

Назарий материал бўйича ўз-ўзини текшириш учун саволлар



Машқ

1

Синфда бажариладиган машқлар

### Экспериментал топшириқлар

Тадқиқот ишлари учун топшириқлар

### Ижодий топшириқлар

Ижодий даражадаги топшириқлар



#### Жавоби қандай?

Физик ҳодисаларнинг моҳиятини тушунтиришни талаб қилувчи саволлар



#### Топшириқ

Синфда бажариладиган топшириқлар



#### Ўз тажрибанг

Синфда бажариладиган экспериментал топшириқлар



#### Бу қизиқ!

Мавзуга оид қўшимча маълумотлар



#### Муҳим ахборот

Табиий фанлардан ахборот



#### Эсга туширинг!

Ўзлаштирилган материални тақрорлаш учун топшириқлар



#### Эътибор беринг!

Машқлар бажаришда қийинчиллик туғдирадиган ўқув материали



#### Эсда сақланг!

Эслатма

## Кириш сўзи

Болалар, физикани ўқиши орқали сиз механик, иссиқлик, электромагнит ҳодисалар билан, атом ва ядронинг тузилиши билан танишдингиз. Асосий мактаб физика курсида унинг асосий бўлимлари билан танишишни тутатдингиз. 10-синф физика дарслигини варақлаб қарасангиз, юқори синфда механикани, молекуляр физикани, электродинамикани яна давом эттириб ўқишингизни кўрасиз. Сиз олий ўкув юртларида ўқишини давом эттирганда ҳам физиканинг шу бўлимларини ўқиб ўрганасиз. Бу – физика фанининг ўқиб ўрганишнинг ўзига хос томонидир.

Физика ўрганадиган ҳар бир ҳодиса табиатнинг бошқа ҳодисалари билан узлуксиз боғланишда бўлади. Атроф-муҳитда фақат механик, иссиқлик ёки электромагнит ҳодисалар бўлмайди, олам яхлит ҳолда мавжуд. Оламнинг ягона яхлит илмий манзарасини тасаввур қилишимиздан олдин биз физика фани ёрдамида унинг алоҳида кўринишларини ўрганиб чиқишимиз керак бўлади.

Табиат ҳодисаларини ўрганиш натижасида иссиқлик ва оптик ҳодисалар, жисмларнинг ўзаро эластик таъсиrlашибиши – жисмни ташкил қилган зарядли зарраларнинг ўзаро таъсиrlашибиши юзага келиши маълум бўлди. Электромагнит ўзаро таъсиr қонунларини билмасдан, механик, иссиқлик ва оптик ҳодисаларни тўлиқ тушуниш мумкин эмас. Механиканинг кўплаган қонунлари ва тенгламаларини микрооламга қўллаш мумкинлиги жуда муҳимдир. Электр ва магнит майдонидаги зарядли зарраларнинг тезланиши Ньютоннинг иккинчи қонуни орқали аниқланади. Кинематиканинг ҳаракат тенгламалари эса уларнинг тезликлари ва кўчишларини аниқлаш учун кўлланилади.

Шундай қилиб, асосий мактабнинг физика курсида сиз танишган физика ҳодисалари реал ҳодисаларнинг умумий модели сифатида қаралган, шу сабабли улар янада чуқурроқ ўрганишни талаоб киласди. Юқори синф ва олий ўкув юртларидағи физика курсида физиканинг шу бўлимлари янада чуқурлаштириб ўқитилади.

Амалда физиканинг барча қонунлари математика тилида берилади, шу сабабли улар мураккаб бўлади. Математика тилининг мураккаблиги ва бойлиги табиат ҳодисаларининг моделларини иложи борича реал ҳолатига яқинлатишга имкон беради. Бу физика ҳодисаларини қайта-қайта ўрганишнинг яна бир сабабидир.

Дарсликдаги ҳар параграфнинг охирида назорат ва «жавоби қандай?» саволлари билан бирга ҳисоблаш учун топшириқлар ҳам берилган. Физик ҳодисаларни чуқур ўрганиш учун қўшимча масала тўпламларидан ҳам фойдаланиш керак. Шу билан бирга яна дарсликда, уйда бажариладиган экспериментал ва ижодий топшириқлар ҳам берилган.

Лаборатория ишларини, жадвал катталикларни, машқларнинг жавобларини дарслик охиридан топа оласиз.

Физикани ўқиб-ўрганиш – ўзимиз яшаётган оламни таниш демак. Мана шундай қизиқ бир фанни ўзлаштиришда сизга омад тилаймиз!

*Муаллифлар*

«Механика» (μηχανική) сўзи – қадимги грек тилидан таржима қилинганда – «асбоб ясаш ҳунари» деганни билдиради. Физиканинг бўлими сифатида эса «механиканинг» маъноси бундан кенгроқ.

**Механика – моддий жисмларнинг механик ҳаракати билан уларнинг ўзаро таъсирлашиши ҳақидаги фан.**

Дарсликнинг бу бўлимида механиканинг: кинематика, динамика, статика, сақланиш қонунлари, аэродинамика ва гидродинамика бобларининг бир қатор масалалари қаралади.

## 1-БОБ

# КИНЕМАТИКА

Кинематика (**κίνειν** – ҳаракат сўзидан чиқсан) – жисмларнинг массаси ва таъсир этувчи кучларини ҳисобга олмай, уларнинг ҳаракат қонуниятларини характерловчи механика бўлими.

Кинематика ҳаракатдаги объектнинг хусусиятларини эътиборга олмай, қўйидаги қисмларга бўлинади: нуқта кинематикаси, қаттиқ жисм кинематикаси ва доимий ўзгарувчан мұхитлар – деформацияланувчи қаттиқ жисм, суюқликлар ва газларнинг кинематикаси. Кинематикада ҳаракатни қайсиdir белгиларига кўра турларга ажратиш амалга оширилади.

### Бобни ўқиб ўрганиш орқали сизлар:

- физиканинг ҳозирги замондаги роли ҳақида фикрларни билдиришни ва уларга исбот келтиришни;
- системали ва тасодифий хатоларни бир-биридан ажратишни;
- мустақил, номустақил ва доимий физик катталикларни аниқлашни;
- физик катталикларнинг ўлчаш аниқлигини ҳисобга олиб, тажрибаларнинг якуний натижаларини ёзишни;
- жисмнинг текис тезланувчан ҳаракати пайтида вақтга боғлиқлик графигидан пайдаланиб, кўчиш формуласини келтириб чиқаришни;
- сонли ва график масалаларни ечишда кинематик тенгламалардан фойдаланишни;
- инвариант ва нисбий физик катталикларни ажратা билишни;
- масала ечишда кўчиш ва тезликларни қўшишнинг классик қонунларидан фойдаланишни;
- эгри чизиқли ҳаракатда жисмнинг тангенциал, марказга интилма ва тўла тезланишларини, траекториянинг эгрилик радиусини аниқлашни;
- горизонтга бурчак остида отилган жисм ҳаракатида кинематик катталикларни аниқлашни;
- горизонтга бурчак остида отилган жисм ҳаракати траекториясини аниқлашни ўрганасизлар.

# 1§. Физиканинг ҳозирги замондаги роли

## Кутиладиган натижә:

Бу параграфни ўзлаштирганды:

- замонаөсий физиканинг роли ҳақида мұлоҳаза юритиб, фикрлариңизге мисоллар келтира оласызлар.



## 1-төпширик

1. Интернет тармоғидаги материалларни фойдаланиб, янги фанлар: химиявий физика, геофизика, агрофизика, биофизика, психофизика нымаларни үрганишини аникланғ.
2. Янги фанлар рўйхатини ўзингиз билган янги йўналиш билан тўлдинг.



## Жавоби қандай?

1. Ҳозирги кунда табиий фанларнинг биректирилиши сабаби нимада?
2. Нима сабабдан фан факат ишлаб чиқарувчи кучга айланди?



**2-расм.** Қозогистоннинг «КазЦИНК» компаниясининг геофизик тадқиқотлар учун мұлжассалланған вертолёт-лабораторияси

Фаннинг мақсади – жамият ва келажак авлод учун билимни орттириш ва сақлаш.

Андре Мишель Лъзов

## I Замонавий физика

Замонавий физиканинг роли жуда муҳим. У бизни атрофимиздаги олам энг муҳим билим манбаи бўлиб саналади. Табиат ҳодисаларини ўрганиш физика қонунларининг очилишига, техниканинг ва табиатни ўрганувчи бошқа фанларинг ривожланишига олиб келди. Физиканинг ва бошқа фанларнинг учрашиши натижасида тадқиқотнинг янги йўналишлари: химиявий физика, геофизика, агрофизика, психофизика, биофизика пайдо бўлди (*1-расм*).



**1-расм.** Юракнинг электрокардиограммаси

Фан тўғридан-тўғри ишлаб чиқарувчи кучга айланди. Алтай конларида ҳозир Қозогистоннинг «КазЦИНК» компанияси ишлайди. Компания аэрогеофизик тадқиқотлар учун қайта жиҳозланган учувчи лабораторияга айланган 5 ўринли енгил AS-350B вертолётидан фойдаланади (*2-расм*).

Физиканинг ривожланиши бизни ўраб олган атроф-муҳит ҳақида тушунчамизни тубдан ўзгартирибгина қолмай, замонавий технологияларни кўллаш орқали жамиятга жуда хавфли ўзгаришлар ҳам олиб келди. Замонавий алоқа қуроллари туфайли Ер юзи аҳолиси ягона ахборот фазосида яшамоқда, янги технологиялар билан алмашиш жуда тез амалга ошмоқда. Ахборот асоси бойликка айланди (*3-расм*). Бироқ, фан ютуқлари атроф-муҳит ва ҳайвонот оламига фойдаси билан бир қаторда, заарини ҳам келтириши мумкин. Одамнинг ўйланмай қилган фаолияти натижасида табиат учун ўрни тўлмас, ҳатто баъзан

ҳалокатли оқибатлар ҳам келиб чиқиши мумкин. Ядро энергиясидан фойдаланиш, микроорганизмлар парчаламайдиган моддаларни ишлаб чиқариш экологик муаммоларга олиб келиши бунга мисол бўлади. Инсониятнинг келажак тақдири глобал масалаларни биргаликда ҳал қилинишига боғлиқ. Маҳаллий доирада қарор қабуллаш учун эса бизнинг сайёра унча катта эмас экан. Одамнинг онги ҳам ўзгариши керак: одам – «Табиат подшоҳи» эмас, у – табиатнинг бир кисми.

## II Физика – атроф-муҳит ҳақидаги билим манбаи

Физиклар табиат ҳодисаларини тадқиқ қилиш орқали XVIII – XIX асрларда оламнинг механик манзарасини, XIX аср иккинчи ярми – XX аср бошларида оламнинг электромагнит манзарасини яратишиди. XX аср бошларида юзага келган Эйнштейннинг нисбийлик назарияси механика ва электродинамика қонунлари орасидаги қаршиликларни йўққа чиқарди. Бу классик физиканинг шаклланишининг сўнгги қадами бўлди. Шу даврда юзага келган квант назария эса аксинча, материяни ўрганишнинг янги босқичини кашф қилди, у янги, тубдан ўзгача, замонавий физиканинг бошланиши бўлди. XX асрнинг ўртасидан бошлаб, оламнинг замонавий физик манзараси шаклана бошлади.

## III Физика ва фан-техника тараққиёти (ФТТ)

Физиканинг ривожланиши ва фан-техника тараққиёти (ФТТ) ўзаро боғлиқ. Техника ривожланишининг асоси – физика ютуқлари, техниканинг ривожланиши орқали эса янги принципиал изланишларни ўtkазиш имкони туғилади. Мисол сифатида ядро реакторларида ёки зарядли зарраларнинг тезлат-кичларида бажариладиган муҳим тадқиқотларни атаб ўтиш мумкин. Техник ускуналар кучли ривожланиб, янги технологиялар яратилмоқда. ФТТ натижасида электрон ҳисоблаш машиналарини, жамият ҳаёти ва фаннинг турли соҳаларида автоматлаштирилган бошқариш системаси каби янги тип техникани қўллаш масаласи биринчи ўринга чиқди. Бу каби муҳим соҳаларнинг ривожланишидаги ютуқлар унинг кундалиқда қўллаш натижасига тўғридан-тўғри боғлиқ бўлди. Ҳозирги жамиятда техника ва техник билимнинг роли ортиб кетди.



**3-расм. Ягона ахборот майдони**



### Жавоби қандай?

1. Нима учун оламнинг механик манзараси электромагнит манзарасидан аввал пайдо бўлди?
2. Оламнинг механик манзарасини қандай тасаввур қиласиз? Электромагнит манзарасини-чи?
3. Нега оламнинг замонавий физик манзараси ҳали олдинда яна текширишларни талаб қиласиди?



### 2-топширик

- 1-жадвални ўзингиз билган физика бўлимлари ва улар билан боғлиқ техника бўлимлари ва техник куроллар билан тўлдиринг.
2. Келтирилган мисоллар асосида кундалик ҳаётда физика ва техниканинг роли ҳақида фикрларни айтинг.



### Жавоби қандай?

*Нима сабабдан илмий-техника тараққиётини тўхтатиб бўлмайди?*

## 1-жадвал. Физиканинг техника билан алоқаси

Физика бўлими	Техника бўлими. Техник қуроллар
Динамика	Космонавтика. Ернинг сунъий йўлдошлари, орбитал станциялар, космик кемалар.
Аэродинамика	Авиация. Аэроплан, самолётлар, вертолётлар.
Иссиқлик ҳодисалари	Иссиқлик техникаси. Иссиқлик двигателлари.
Электромагнетизм	Электротехника. Телеграф, электр ёриткичлар, электр двигателлар, электр генератори, телефон, метрополитен йўллари, зарядли зарралар теззлатгичи. Микроэлектроника. Радиоалоқа, радио бошқариш, радиолокация, телевидение, ЭХМ, ишлаб чиқариш роботлари. Лазер техникаси.
Оптика	Оптик асбоблар. Фотоаппарат, телескоп, микроскоп.
Ядро физики	Ядро энергетикаси. Ядро реактори, АЭС.



### Эътибор беринг!

XX аср – ФТТ асри,  
XXI аср – ахборот асри.



### 3-топширик

- Хозирги ривожланиш даврида инсоният олдида турган глобал муаммоларга мисол келтиринг.
- Бу муаммоларнинг пайдо бўлиш сабабларини айтинг.
- Бу муаммоларни ҳал қилиш йўлларини таклиф қилинг.



### Жавоби қандай?

- «Одам – табиат подшоҳи» тушунчаси атроф-муҳитга қандай зарар келтиримоқда?
- Одам нега табиатнинг бир қисми бўлиши керак? У ўзининг фаолиятида нимани ўзгартириши керак?
- Нега биз табиат ҳодисаларини ўрганаётуб, соддалаштирилган моделлардан (моддий нуқта, эркин тушиб) фойдаланамиз, баъзи шартларни киритамиз (ишқаланиш кучининг, ҳаво қаршилигининг йўқ деб олинини)?
- Нима учун ҳар бир одам учун физикани билиш муҳим?

## IV Физика ва инсоний маданият

XXI асрда инсоният барча халқлар учун улкан аҳамиятга эга глобал муаммоларга юзма-юз келди. Улар қаторига жаҳон океани ва Ер атмосферасининг ифлосланиши, озон тешигининг пайдо бўлиши, қуёш нурларининг Ер биосферасига таъсирининг ортиши киради. Замонавий физика оламшумул миқиёсида фикрлашни шакллантиради. Характерга ва ўйлаш стилига таъсир этган ҳолда, физика одамнинг фаол ҳаётий принципларига, одам онгига умр бўйи оламни таниб билиш керек деган фикр шаклланишига ўз таъсирини ўтказади. Кечаги билим бугунги баъзи масалаларни ҳал қила олмайди. Физика фани «таянч нукталарининг» – фундаментал қонунларининг мавжудлиги билан ажралиб туради. Масалан: бизнинг оламда ҳамма нарса ўзгарса ҳам энергиянинг сақланиш қонуни бажарилади. Замонавий физикадаги янгиликлар унинг фундаментал қонунларига асосланади.

Бизнинг билимимиз ортгани сайин, аста-секин баъзи физик тушунчалар йўқола боради. Шу тарика «корпускуляр» ва «тўлқин» ҳаракат, модда ва майдон деб ажратиш йўқолиб бормоқда. Элементар зарралар учун табиий жараёнлар уларнинг ўзаро

турланиши бўлиб ҳисобланади. Табиатдаги турли бўлимларга бўлиш шартли равища нисбий, динамик, улар бизнинг онгимизнинг оламни билишдаги имкониятларига боғлик. Табиат ҳодисаларини ўрганаётib, биз табиат ҳодисаларининг содда моделларини ясаймиз. Билиш жараёни – абсолют ҳақиқатга аста-секин яқинлашиш жараёни. Бу – маълум нарсаларга янги фактларни механик тарзда қўшиш эмас, янгининг эскини рад этиб, аввал тўплаган барча ишончли ва асоси билимни системали умумлаштириш жараёни. Бизнинг олам ҳақида тушунчамиз узлуксиз чукурлашади ва кенгаяди, моддий оламни билиш жараёни чексиз.

Ҳар бир маданиятли инсон ўзи яшаётган олам қандай тузилганини тасаввур қила олиши керак. Табиатнинг бизни билимсизлигимиз учун жазолаганини кўрсатадиган мисоллар кўп, улардан холоса чиқариш вақти келди.

Табиат қонунларини билиш одамга мураккаб масалаларнинг энг қулай ечимларини топишга имкон беради. Билимнинг кераклиги маъноси шунда.

### Назорат саволлари

1. Ҳозирги замонда физиканинг роли қандай?
2. Физикада оламнинг қандай манзаралари шаклланган?
3. Замонавий физика ва классик физиканинг фарқлари нимада?
4. Физика техникага қандай таъсир қиласиди?
5. Билиш жараёнининг моҳияти нимада?



### Машқ

1

1. Ишлаш принципи радиоактив, электромагнит тўлқинларнинг, ультратовуш ва реактив харакатларнинг кашф қилинишига асосланган техник куролларга мисол келтиринг.
2. Астрофизиклар олисдаги сайёralар таркибини қандай усулда аниқлашини тушунтиринг.
3. Кашф қилиниши ва қўлланиши орасидаги мослиқни кўрсатинг:

Кашф қилиниши	Қўлланиши
Спектроскопия	Автоматлаштирилган бошқариш системаси
Ультратовуш	ДНК тузилиши моҳиятини аниқлаш
Ёритганда ярим ўтказгичларнинг ўтказувчанлигининг ортиши	Сувости объектларини кузатиш

### Ижодий топшириқ

Олимлар ҳақида маълумот тайёрланг (танлов бўйича): Леонардо да Винчи, М.В. Ломоносов, Ж.Л. Бюффон, В.И. Вернадский.

## 2§. Физик катталикларнинг хатоликлари. Ўлчаш натижасини қайта ишлаш

### Кутиладиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштирганданда:

- Системали ва тасодифий хатоларни ажратма оласиз;
- мустақил, номустақил ва доимий физик катталикларни аниқлайсиз;
- физик катталикларни ўлчаш аниқлигига мослаштириб, тажриба натижаларини ёза оласиз.

### I Ўлчаш турлари.

#### Ўлчаш хатоликларининг сабаблари

Физик катталикларни ўлчаш турлари бевосита ва билвосита деб бўлинади. Бевосита ўлчашда катталикларнинг сон қийматлари тўғридан-тўғри ўлчаш асбобининг шкаласидан олинади. Агар изланаётган катталилк бевосита ўлчаш орқали аниқланган катталиклар билан боғланиши формуласи бўйича ҳисоблаб топилса, унда ўлчаш билвосита деб аталади. Исталган ўлчашнинг натижаси тахминий бўлади. Ўлчаш аниқлиги хатолик билан характерланади.

 **Ўлчаш хатолиги – катталикнинг ўлчанган қийматининг унинг ҳақиқий қийматидан четлашиши.**

Ўлчаш хатолигининг сабаблари: ўлчаш асбобининг аниқлигининг чеклилиги; уни ишлатишдаги талаблардан четлашиш; тажриба ўтказувчининг таъсири, ўлчанадиган катталикларни топиш учун фойдаланиладиган қонунларнинг тахминий характеристи; тажриба методининг камчилиги.

Бу сабаблар тасодифий ёки системали хатоликларга олиб келади.

### II Тасодифий ва системали хатоликлар

 **Тасодифий хатолик – берилган шартларни ўзгартирмай бир катталикни бир неча марта қайта ўлчашда тасодифий ўзгарамайдиган хатолик.**

У ўлчаш жараёнига таъсир этадиган кўпгина бошқарилмайдиган сабаблардан, масалан, шамол таъсиридан, кучланишнинг кескин ўзгаришидан юзага келади. Тасодифий хатоликлар тажрибани кўп марта қайталашда камайиши мумкин.

 **Системали хатолик – бир катталикни бир неча марта қайта ўлчашда ўзгарамайдиган қоладиган ёки вақт ўтиши билан бирор қонуниятга мос ўзгарамайдиган хатолик.**

### 1-топшириқ

1. Физик катталикларни бевосита ва билвосита ўлчашларга мисол келтиринг.
2. Бу мисоллардаги ўлчаш хатоликларининг асосий сабабларини кўрсатинг.
3. Тасодифий хатоларнинг сабабларини атанг.

### Эсда сақланг!

Агар ўлчаш вақтида нисбий хатолик 10% дан ошса, унда ўлчанадиган катталилк баҳолаш юритилади. Физик лаборатория ишларида нисбий хатолик 10% гача ўлчашлар ўтказиш таклиф килинади.

Системали хатолик қайта ўлчаш орқали йўқолмайди. Уни тузатиш орқали ёки тажрибанинг қўйилишини ўзгартириш орқали йўқотилади.

### III Катталиknи бир неча марта бевосита ўлчашда абсолют ва нисбий хатолик

Абсолют хатоликни аниқлаш учун  $A$  физик катталникин ўлчаш шартларини ўзгартиrmай бир неча марта ўлчанади. Бунда ўлчанаётган катталиknинг  $A_{\text{յпр}}$  ўртacha киймати барча ўлчаш натижаларининг арифметик ўртаси сифатида аниқланади:

$$A_{\text{յпр}} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n}$$

Ҳар бир  $\Delta A_n$  ўлчаш пайтида тасодифий хатоликни қуидаги формуладан фойдаланиб аниқлади:

$$\Delta A_n = |A_{\text{յпр}} - A_n|,$$

бу ерда  $n$  – ўлчашнинг тартиб номери.

Абсолют хатолик барча ўлчаш натижалари тасодифий хатоликларининг арифметик ўртаси сифатида аниқланади:

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

Ўлчашнинг абсолют хатолигининг модули ўлчанаётган катталиknинг ҳақиқий киймати жойлашган интервални кўрсатади. Бу интервалнинг узунлиги  $2\Delta A$ . Бу интервалга кирадиган барча кийматлар ҳақиқий ҳисобланади.

Нисбий хатолик ўлчаш сифатини характерлайди. У қуидаги формула бўйича аниқланади:

$$e = \frac{\Delta A}{A_{\text{յпр}}} \cdot 100\%.$$

### IV Биринчи тартибли бевосита ўлчашлар ва уларнинг хатолиги

Кўпгина ўлчов асбоблари учун асбоб хатолиги асбоб шкаласида ёки паспортида кўрсатиладиган аниқлик синфи билан берилади.  $\gamma$  аниқлик синфини билган ҳолда, абсолют асбоб хатолигини аниқлаш мумкин:

$$\Delta_i = \frac{\text{ўлчаш чегараси} \cdot \gamma}{100}$$

Агар стрелка шкаланинг чизиги билан мос тушиса, ўлчашнинг абсолют хатолиги асбоб хатолигидан ошмайди:

$$\Delta = \Delta_i$$

Агар стрелка шкала чизиги билан мос келмаса, абсолют хатолик саноқ хатолигининг қийматига ортади:

$$\Delta = \Delta_i + \Delta_{\text{сан}}$$

### 2-топширик

Узоққа югуриш машқини баражиша спорччи қуидаги натижаларни кўрсатди:  
 11,5 с; 11,7 с; 12,0 с;  
 11,8 с; 11,2 с. Вақтнинг ўртача қийматини, абсолют хатолигини ва масофага югуриш вақти қийматининг аниқ интервалини аниқланг.

### Эсада сақланг!

Саноқнинг абсолют хатоси  $\Delta_{\text{сан}}$  асбоб шкаласи бўлим қийматининг ярмига тенг:

$$\Delta_{\text{сан}} = \frac{c}{2};$$

$c$  – асбоб бўлим қиймати.

### 3-топширик

4-расмда кўрсатилган вольт метрнинг асбоб хатолигини аниқланг.



4-расм. 2-аниқлик синфига кирувчи вольтметр шкаласи

## V Билвосита ўлчашлар ва уларнинг хатоликлари

Билвосита ўлчаш вактида ўлчаш натижасининг аниқлигини баҳолашни куйидаги кетма-кетликда бажариш керак:

1. Берилган катталиктин ҳисоблаш формуласига кирадиган катталикларни бевосита ўлчаш.
2. Шу ўлчашларнинг абсолют ва нисбий хатоликларини ҳисоблаш.
3. Ҳисоблаш формуласи бўйича изланаётган  $A_{\text{յрг}}$  катталиктин ҳисоблаш.
4. Формула тури бўйича билвосита ўлчаш натижасининг  $\varepsilon$  нисбий хатолигини аниқлаш (2-жадвал).
5. Куйидаги формула бўйича абсолют хатоликни топиш:  $\Delta A = A_{\text{յрг}} \cdot \varepsilon$
6. Изланаётган катталиктининг ҳақиқий қийматлари интервалини кўрсатиш:

$$A_{\text{յрг}} - \Delta A \leq A \leq A_{\text{յрг}} + \Delta A$$

**2-жадвал.** Абсолют ва нисбий хатолик формуласининг изланаётган катталиктининг формуласи билан мослиги

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

Агар  $f = x \pm y$ , унда бирданига абсолют хатолик ҳисобланади.

## VI Жадвал катталикларни аниқлашда ўлчаш хатолигини баҳолаш

Жадвал ёки доимий физик катталикларни ўлчашда хатоликни баҳолаш олинган қийматни маълум (жадвал) қиймати билан солиштириш орқали бажарилади:

$$\Delta A = [A_{\text{յрг}} - A_{\text{жад}}]$$

Нисбий хатолик қуйидаги муносабатдан аниқланади:

$$\text{У ўлчаш сифатининг } \varepsilon_A = \frac{|A_{\text{յрг}} - A_{\text{жад}}|}{A_{\text{жад}}} \cdot 100\% \text{ баҳоси бўлиб ҳисобланади.}$$

## VII Катталикларни бириктириб ўлчашда тажриба натижаларини график кўринишда тасвирлаш

Катталиклар орасида функционал боғланиш мавжуд бўлса, тажриба натижалари график кўринишда тасирланади.  $A$  ва  $B$  катталикларни ўлчаш натижасида нуқта олинмайди,  $2\Delta A$  ва  $2\Delta B$  томонларга эга юза олинади (бу ерда  $\Delta A$ ,  $\Delta B$  ўлчанадиган катталикларнинг абсолют хатолиги). Бу юзанинг ҳар бир нуқтаси аник, шу сабабли

бу юзалар орқали график чизиқларини катталикларнинг функционал боғланишига мос келадиган қилиб ўтказиш керак (5-расм).

### VIII Ўлчаш натижаларини хатоликларни ҳисобга олиб ёзиш

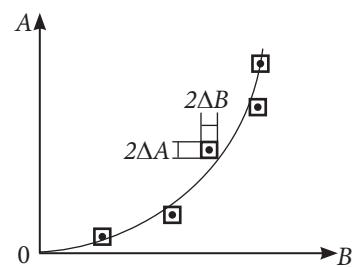
Ўлчаш натижаларини хатоликларни ҳисобга олиб ёзиш куйидаги қоида бўйича бажарилади:

**Хатолик катта томонга бир қийматга, ўлчаш натижаси эса ёзилган хатоликдан ошмайдиган қисмгача яхлитланади.**

Масалан, агар ҳисоблаш натижасида абсолют хатолик  $\Delta A = 0,0769$  га teng бўлса, унда бу сонни юқоридаги бир қийматгача яхлитлаймиз:  $\Delta A = 0,08$ . Унда катталиктининг ўртача қиймати  $A_{\text{ўрт}} = 0,928514$  абсолют хатолик аниқлигидан ошмайдиган аниқликда ёзилиши керак.

Барча кейинги цифрлар уларнинг қийматларига қарамасдан олиб ташланади  $A_{\text{ўрт}} \approx 0,92$ . Катталиктининг ҳақиқий қиймати кирадиган интервал куйидаги ёзилади:

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



5-расм. А ва B нуқталарнинг интерваллари кўрсатилган А нуқтанинг B нуқтага боғлиқлик графиги



6-расм. Аниқлик синфи 2,5 бўлган лаборатория вольтметри

#### 4-топшириқ

Агар унда 2,5 аниқлик синфига киравчи (6-расм) ва ўлчаш чегараси 15 В бўлган вольтметрнинг кўрсатиши 3,5 В бўлса, кучланишини ўлчаш натижаларини ёзинг.

#### Назорат саволлари:

- Бевосита ва билвосита ўлчашларнинг фарқлари нимада?
- Ўлчаш хатолигининг қандай асоси сабабларини биласиз?
- Қандай хатоликларни тасодифий деб аталади? Системали хатоликлар-чи?
- Системали хатоликларни қандай усуулларда йўқотиш мумкин?
- Ўлчашнинг тасодифий хатоликлари қандай усуlda камайтирилади?
- Бир неча марта бевосита ўлчаш вақтида абсолют ва нисбий хатоликларни қандай аниқлайди?
- Асбоб хатолиги нимага teng?
- Билвосита ўлчаш вақтида хатолик қандай аниқланади?
- Хатоликни ҳисобга олиб, ўлчаш натижаси қандай ёзилади?



1. Занжир қисмiga вольтметрни (*4-расм*) ва ўлчашда энг юқори қиймати 3 В бўлган иккинчи вольтметрни (*6-расм*) улаш орқали кучланиш икки марта аниқланди. Вольтметр икки ҳолда ҳам 2,8 В ни кўрсатди. Икки ўлчаш учун кучланишнинг ҳақиқий қийматлари микдори интервалини аниқланг. Қандай ҳолда ўлчаш аникроқ бўлади?
2. Занжир қисми қаршилиги билвосита ўлчаш орқали амперметр ва вольтметр ёрдамида аниқланади. Вольтметрнинг аниқлик синфи 4, амперметрики 2,5. Асбоблар кўрсатиши: 4,2 В ва 0,3 А бўлса, занжир қисми қаршилигининг ҳақиқий қийматлари диапазонини кўрсатинг.

### Экспериментал топшириқ

Бевосита ўлчаш орқали хона температурасини, билвосита ўлчаш орқали картошканинг зичлигини аниқланг. Берилган ўлчов асбоблари: термометр, тарози ва мензурка. Натижаларни хатоликларни ҳисобга олиб ёзинг.

### Ижодий топшириқ

Мавзу бўйича ахборот тайёрланг (тандлов бўйича):

1. Метрология, стандартлаш ва сертификация.
2. Қозоғистон Республикасининг Метрология хизмати.

## 3§. Текис тезланувчан ҳаракатланадиган жисм кинематикасининг асоси тушунчалари ва тенгламалари

### Кутиладиган натижага:

Бу параграфни ўзлаштиргандага:

- Жисмнинг текис тезланувчан ҳаракатида тезликнинг вактга боғлиқлик графигидан фойдаланиб, кўчиш формуласини келтириб чиқара оласиз;
- сонли ва график топширикларни ечишда кинематика тенгламаларидан фойдалана оласиз.



### Жавоби қандай?

Жисм ҳаракатини ўрганишда нима учун кинематикада кўчиш тезлиги билан бирга йўл тезлиги ҳам ишлатилади?

Кинематикада кўчиш тезлиги билан бирга йўл тезлиги ҳам ишлатилади. Орқали ёзишга бўлади  $a_x = \frac{v_x - v_{ox}}{\Delta t}$ , бунда тенглик бузилмайди.

Векторнинг проекциялари скаляр катталиклар бўлади, демак уларни қўшиш, айриш, кўпайтириш ва бўлиш оддий сонлардаги каби бажарилади.

Масалаларни координата усулида ечишда қадамлар кетма-кетлиги: координата ўқларини танлаш, берилган векторларнинг проекцияларини топиш; уларга амаллар қўллаш, номаълум вектор катталиктининг танланган ўқларга туширилган проекцияларини аниқлаш.

Векторнинг координата ўқларига туширилган проекциясининг қиймати маълум бўлганда, унинг модулини аниқлашга бўлади. Масалан, агар тезланиш вектори  $0x$  ўқига параллел бўлганда, унинг модули шу ўқка туширилган проекцияга тенг (*7 a) расм*):

$$a = a_x.$$

Қаралаётган  $0x$  ва  $0y$  ўқларига нисбатан проекциялари мавжуд бўлса (*7 б) расм*), у ҳолда унинг модули Пифагор теоремаси бўйича аниқланади:

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

Жисм ҳаракатини характерлаш учун учта координата ўқидан фойдаланган вактда, (*7 б) расм*) тезланиш модули:

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

### I Кинематиканинг асоси вазифаси

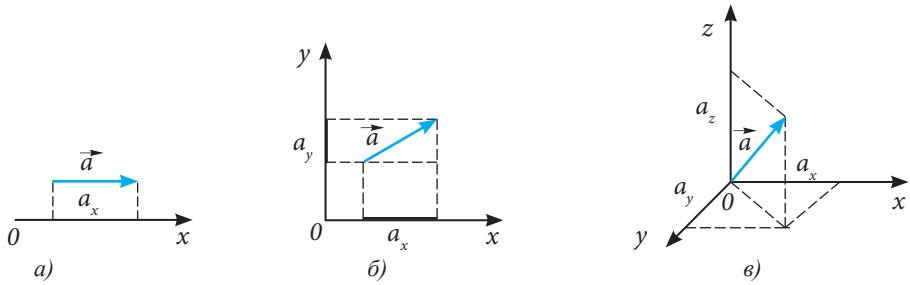
Кинематикада жисмларнинг ҳаракатини характерлаш учун тезланиш, кўчиш тезлиги, йўл тезлиги, кўчиш, йўл, жисм координатаси, вақт каби катталиклар билан саноқ системаси, саноқ жисми, координата системаси, траектория, нисбий ҳаракат, механик ҳаракат каби физик тушунчалар ишлатилади. Жисмлар ҳаракатининг бир-биридан фарқи бор: траектория тўғри чизиқли ва эгри чизиқли бўлиши мумкин, бир жисм ҳаракати тезлиги доимий, бошқасида ўзгарувчан бўлиши мумкин.

**Кинематиканинг асоси вазифаси – моддий нуқталар ёки жисмларнинг ҳаракат турларини ва шу ҳаракатларнинг кинематик характеристикаларини аниқлаш.**

### II Масала ечишнинг координата усули

Кинематика масалаларини координата усули бўйича ечишда векторларга амаллар қўллашдан скаляр катталикларга амаллар қўллашга кўчади. 9-сinf физика курсидан вектор катталиклар ва уларнинг проекциялари нисбатларининг бир-биридан фарқи йўқлиги маълум. Масалан, вектор кўринишдаги тезланишни хисоблаш формуласини:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$$
 векторларнинг проекциялари



7-расм. Векторнинг танланган координата ўқларига туширилган проекциялари

### III Тўғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракат учун кинематика формулалари

3-жадвалда жисмнинг тўғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракатини характерлайдиган катталикларни хисоблаш формуласи берилган:  $a_x$  тезланиш,  $v_x$  кўчиш тезлиги,  $s_x$  кўчиш ва  $x$  жисм координатаси. Жисмларнинг эркин тушиши тўғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракатнинг хусусий ҳоли, бу ҳолда жисм ҳаракатининг тезланиши  $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$ .

3-жадвал. Кинематика формулалари

Физик катталиклар	Ҳаракат тури	
	Тўғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракат	Эркин тушиш
Тезланиш	$a_x = \frac{v_x - v_{ox}}{\Delta t}$	$g = 9,8 \frac{m}{s^2}$
Ўртача тезлик	$v_{\text{yprm},x} = \frac{v_0 + v_x}{2}$	$v_{\text{yprm},y} = \frac{v_0 + v_y}{2}$
Оний тезлик	$v_x = v_{ox} + a_x t$	$v_y = v_{oy} + g_y t$
Кўчиш	$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ $s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}; s_x = \frac{v_0 + v}{2}t$	$h_y = v_{oy}t + \frac{g_y t^2}{2}$ $h_y = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g_y}; h_y = \frac{v_0 + v}{2}t$
Жисм координатаси	$x(t) = x_0 + v_{ox}t + \frac{a_x t^2}{2}$	$y(t) = y_0 + v_{oy}t + \frac{g_y t^2}{2}$

Жисм координаталарининг вақтга боғлиқлик тенгламаларини ҳаракат тенгламалари деб аталади.

Тўғри чизиқли текис ҳаракат формулаларини  $a = 0$  эканини эътиборга олиб, текис тезланувчан ҳаракат формулаларидан келтириб чиқариш мумкин.

## IV Текис тезланувчан ҳаракатда бирдай вақт оралықларидаги күчишларнинг нисбати

Жисмнинг бошланғич тезлиги  $v_0 = 0$  бўлсин, жисмнинг  $t$  вақтдаги күчишини  $s_1 = \frac{at^2}{2}$  формуласи билан аниқлаймиз.  $2t$  вақтдаги күчиш  $s_2 = \frac{a(2t)^2}{2} = 4 \frac{at^2}{2}$  бўлади. Унда, иккинчи  $t$  вақт оралығида жисм

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

масофага кўчган.

Худди шундай жисмнинг учинчи  $t$  вақт оралығида күчишини аниқлаймиз:

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

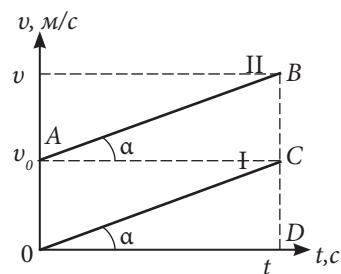
Олинган натижалар бўйича жисмнинг бирдай вақт оралығидаги күчиши тоқ сонлар қатори каби нисбатда бўлади:

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



Жавоби қандай?

Нега ўртача тезлик йўлнинг фақат маълум бир қисмигагина тегишили?



8-расм. Текис тезланувчан ҳаракатда тезликнинг вақтга боғланиши графиклари

### Топшириқ

8-расмдаги графиклардан фойдаланиб:

1. а бурчакнинг тангенси сон қиймати бўйича ҳаракатланаётган I ва II жисмларнинг тезланишига тенглигини;
2.  $OCD$  учбуручакнинг юзи сон қиймати бўйича биринчи жисмнинг кўчишига тенглигини:  
$$s_1 = \frac{at^2}{2};$$
3.  $OABD$  трапециянинг юзи иккинчи жисмнинг кўчишига  $s_2 = v_0 t + \frac{at^2}{2}$  тенглигини исботланг.

## V Жисмларнинг тўғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракатини характерловчи катталикларнинг вақтга боғланиш графиклари

Физик катталикларнинг боғланиш графикларини ясаш учун математик усуллар қўлланилади. Катталикларнинг чизиқли боғланиш графикини ясаш учун икки нуқта етарли. Катталикларнинг квадратли боғланиш графикиги парабола бўлганидан у хисоблашларни ва нуқталар сонининг кўп бўлишини талаб қиласади (4-жадвал).

Катталиклар модулларининг манфий қийматлари бўлмайди, шу сабабли катталиқ модулининг вақтга боғланиш графикиги вақт ўқининг устида жойлашади.

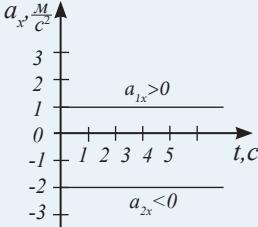
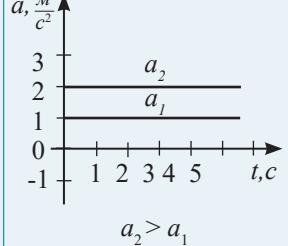
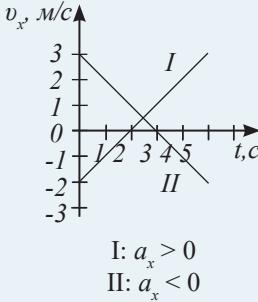
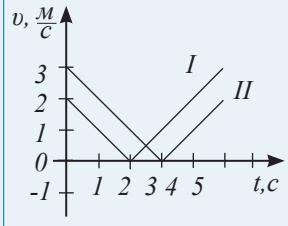
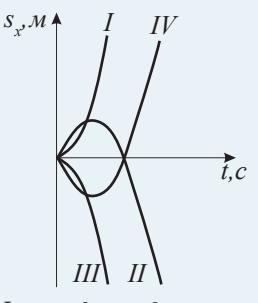
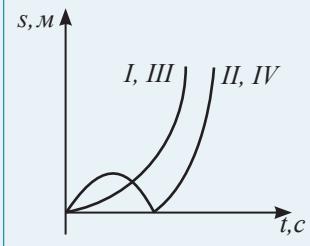
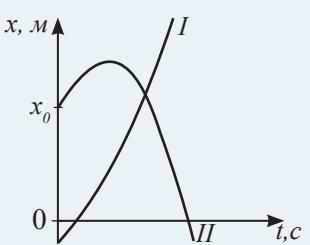
Тезликнинг вақтга боғланиш графикиги остидаги фигура юзи сон қиймати бўйича жисмнинг кўчишига тенг эканини исботлаш қийин эмас.



Жавоби қандай?

Нима учун ҳаракатдаги жисмнинг тезланишини жисм тезлигининг вақтга боғлиқлик графикидаги қиялик бурчагининг тангенси сифатида аниқлашига бўлади?

**4-жадвал.** Кинематик катталикларнинг вақтга боғланиш графиклари

Физик катталик	Вақтга боғланиш тенгламиши, боғланиш тури	Катталик проекциясининг вақтга боғланиш графиги	Катталик модулининг вақтга боғланиш графиги
Тезланиш	$a_x = \text{const}$ Тезланиш вақтга боғлиқ эмас		
Оний тезлик	$v = v_{0x} + a_x t$ тезлик вақтга түғри пропорционал карата-қарши	 I: $a_x > 0$ II: $a_x < 0$	
Күчиш	$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ тезлик вақтга түғри пропорционал	 I: $v_{0x} > 0, a_x > 0$ II: $v_{0x} > 0, a_x < 0$ III: $v_{0x} < 0, a_x < 0$ IV: $v_{0x} < 0, a_x > 0$	
Координата	$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ Күчишнинг вақтга боғликлиги квадрат функцияни беради		I: $x_0 < 0, v_{0x} > 0, a_x > 0$ II: $x_0 > 0, v_{0x} > 0, a_x < 0$

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Тушиш вақти 5 с бўлганда, жисмнинг қулаш баландлигини аниқланг. У ҳар се-  
кундда қандай масофани ўтади?

**Берилган:**

$$t = 5 \text{ с}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

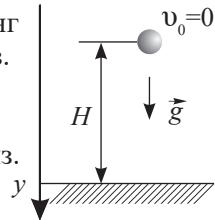
$$v_0 = 0$$

$$H - ? \quad h_1 - ? \quad h_2 - ? \quad h_3 - ?$$

$$h_4 - ? \quad h_2 - ?$$

**Ечиш:**

Расмда жисмни, эркин тушиш векторининг йўналиши  $\vec{g}$  ни ва 0y ўқини тасвирлаймиз. Жисмнинг бошлангич ўрнини нолинчи сатҳ билан мослаштирамиз. Тушиш баландлигини  $H$  ҳарфи билан белгилаймиз.



Эркин тушишда жисм координаталари  $y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}$  (1) қонуни бўйича

ўзгаради. (1) формуланинг 0y ўқига проекцияси қуидагича:  $H = \frac{gt^2}{2}$ .

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

Биринчи секундда жисм  $h_1 = \frac{gt^2}{2}$  масофага кўчади.

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

Ҳар бир келаси секунддаги кўчишлар нисбати тоқ сонлар каторининг нисбатига тенгланади:

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

Үнда:  $\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{3}$  ёки  $h_2 = 3h_1$ , Демак:  $h_2 = 15 \text{ м}$ .

Шу тариқа  $h_3 = 25 \text{ м}$ ,  $h_4 = 35 \text{ м}$ ,  $h_5 = 45 \text{ м}$  эканини оламиз.

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

### Назорат саволлари:

- Кинематиканинг асоси тенгламасининг маъноси қандай?
- Жисмларнинг ҳаракатини характерловчи катталикларни атанг, уларга таъриф беринг.
- Жисмнинг бирдай вақт оралиқларидағи кўчишлари учун қандай нисбат бажарилади?



- Текис тезланувчан ҳаракатланаётган жисм дастлабки  $t_1 = 4$  с да  $s_1 = 2$  м йўл юради, келаси узунлиги  $s_2 = 4$  м бўлган йўл қисмини  $t_2 = 5$  с да юриб ўтади. Жисмнинг тезланишини аниқланг.
- Тош ерга 10 м баландликдан тушади. У билан бир вақтда 8 м баландликдан тик юкорига бошқа тош отилди. Агар тошлар Ердан 5 м баландликда тўқнашадиган бўлса, иккинчи тош қандай бошланғич тезлиқда отилган. Ҳаво қаршилиги ҳисобга олинмайди ва эркин тушиш тезланишини  $10 \text{ m/s}^2$  деб олинг.
- Жисмнинг бошланғич тезлиги  $5 \text{ m/s}$  ва бешинчи секундда  $4,5 \text{ m}$  йўл юрди. Жисмнинг тезланишини аниқланг.
- 9-расмда йўлнинг тўғри чизиқли қисмида жисмнинг ҳаракат тезлигининг вақтга боғланиш графиги тасвирланган.
  - Йўлнинг ҳар бир қисмида жисм қандай тезланиши билан ҳаракатланганини аниқланг. Жисм қанча йўл юрди? Унинг кўчиши қандай?
  - Йўлнинг дастлабки икки қисми учун жисм ҳаракатининг тенгламасини ёзинг.
  - Жисмнинг бошланғич координатаси  $x_0=5$  м бўлганда, шу қисмлар учун жисмнинг кўчиши ва координаталарининг вақтга боғлиқлик графигини ясанг.
- Балиқ ортидан сувга шўнғишида бирқозонлар эркин тушади (10-расм). Агар балиқнинг хужумдан қочиб улгурнишига  $0,15$  с керак бўлса, у бирқозонни камида қандай баландликда кўриши керак? Балиқ сув сиртида сузиб юриди, бирқозон  $25$  м баландликдан тушади деб олинг. Эркин тушиш тезланишини  $10 \text{ m/s}^2$  деб олиб, жавобингизни юзликларгача яхлитланг.



### Экспериментал топшириқ

Ўз велосипедингизнинг (автомобиль) тормозланиш йўлини ва қандай тезланиш билан ҳаракат қилганингизни аниқланг. Бошланғич тезликни қандай аниқлаш мумкинлигини ўйланг.

### Ижодий топшириқ

Ахборот тайёрланг (танлов бўйича):

- Турли транспортларнинг тормозланиш йўлларини камайтириш усуллари.
- Самолётлар учун учиб-қўниш полосаси узунлиги қандай аниқланади?

## 4§. Инвариант ва нисбий физик катталиклар. Галилейнинг нисбийлик принципи

### Кутиладиган натижа:

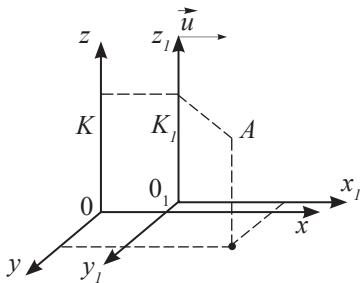
Бу параграфни ўзлаштирганда:

- инвариант ва нисбий физик катталикларни ажратма оласиз;
- кўчиш ва тезликларни кўшишининг классик қонунини масала ечишда кўллай оласиз.

### I Механик ҳаракатнинг нисбийлиги. Инвариант ва нисбий катталиклар

Механик ҳаракатни тавсифловчи кинематик тушиунчалар: траектория, координата, кўчиш, тезлик бир инерциал саноқ системасидан иккинчисига ўтганда ўзгариши мумкин. Бу механик ҳаракатнинг нисбийлигини билдиради.

**Агар катталик бир саноқ системасидан иккинчисига ўтганда ўзгарса, уни нисбий катталик деб, агар ўзгармаса, уни инвариант катталик деб айтилади.**



**II-расм.**  $K$  – кузатувчига нисбатан қўзгалмас саноқ системаси,  $K_1$  – ҳаракатланадиган саноқ системаси

Си  $0x$  ўки бўйлаб қўзгалмас системага нисбатан  $00_1 = u_x t$  масофага кўчди. Икки саноқ системасида ҳам  $y$ ,  $z$  ва  $y_1$ ,  $z_1$  координаталари бирдай. Қаралаётган саноқ система малирида вақт бирдай ўтади.  $K_1$  системасидан  $K$  системасига ўтганда Галилейнинг координата алмаштиришлари кўйидаги кўринишида:

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

Ҳаракатланадиган саноқ системаси қўзгалмас системага нисбатан  $0x$ ,  $0y$  ва  $0z$  ўқлари бўйлаб бир вақтда кўчганда Галилей алмаштиришлари кўйидаги кўринишида бўлади:

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

Бу ҳолда ҳаракатланадиган саноқ системасининг қўзгалмас саноқ системасига нисбатан кўчиш тезлигининг модули:

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

Жисм координаталари, нисбий катталиклар, кичик тезликда ҳаракатланадиган жисмлар учун вақт инвариант бўлади.

### III Кўчишларни қўшиш қоидаси

Жисмнинг текисликдаги ҳаракатини қарайлик.

Бу ҳолда унинг ўрни икки координата билан аниқланади. Бирининг тинчликдаги жисм билан, иккinci ҳаракатланадиган жисм билан боғлиқ координаталар системасини танлайлик. Бошлангич вақтда  $0_1$  ва  $0$  нуқталар қаралаётган жисмнинг ўрни билан мос келади.  $t$  вақт ўтгач жисм  $A$  нуқтага кўчади. Ҳаракатланадиган саноқ системасининг  $0_1$  нуқтаси  $0$  нуқтага нисбатан  $\vec{u}$  тезликда ҳаракатланиб,  $\vec{s}_2 = \vec{u}t$  масофага кўчади (12-расм).

Каралаётган жисмнинг қўзгалмас саноқ система-сига нисбатан кўчишини  $\vec{s}$ , ҳаракатдаги саноқ система-сига нисбатан кўчишини  $\vec{s}_1$  деб белгилайлик.

Векторларни қўшиш қоидасига кўра:

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

Жисмнинг қўзгалмас саноқ система-сига нисбатан кўчиши жисмнинг ҳаракатланадиган саноқ система-сига нисбатан кўчиши билан ҳаракатланадиган санақ система-сигининг қўзгалмас саноқ система-сига нисбатан кўчишининг геометрик йигиндисига тенг. Кўчиши – нисбий катталик.

Кўчишларни қўшиш формуласининг  $0x$  ва  $0y$  ўқларига проекциялари ушбу кўринишда бўлади:

$$\begin{aligned} s_x &= s_{1x} + s_{2x} \\ s_y &= s_{1y} + s_{2y} \end{aligned} \quad (4)$$

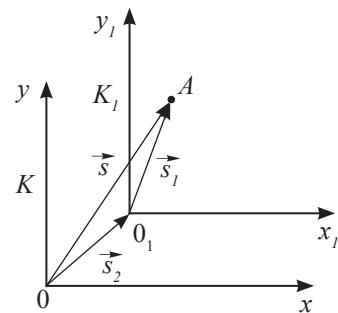
$s_x = x$ ,  $s_{1x} = x_1$ ,  $s_y = y$ ,  $s_{1y} = y_1$  бўлганидан (12-расм), танланган ўқларга туширилган проекциялари орқали формуласарни қўйидагида ёза оламиз:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + s_{2x} \\ y &= y_1 + s_{2y} \end{aligned} \quad (5)$$

Агар ҳаракатланадиган саноқ система-сига қўзгалмас санақ система-сига нисбатан  $0x$  ўқи бўйлаб  $u_x$  тезлик билан ва  $0y$  ўқи бўйлаб  $u_y$  тезлик билан ҳаракатланадиган болса, унда юқорида ёзилган тенгламалар қўйидаги кўринишга келади:

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

Кўчишларни қўшиш орқали биз текислик бўйлаб ҳаракатланадиган жисм учун Галилей алмаштиришларини оламиз.



12-расм. Турли саноқ системасида жойлашган кузатувчилар учун  $A$  нуқтанинг кўчиши



#### Ўз тажрибанг

Икки ўқувчининг ўзаро перпендикуляр йўналишда ҳаракати бошлаган нуқтага ва бир-бираига нисбатан кўчишини аниқланг. Бу тажрибада ҳаракатланадиган жисм, ҳаракатланадиган ва қўзгалмас саноқ системаларини атанг.



#### Жавоби қандай?

Саноқ нуқтасини танлаш ўқувчиларнинг бир-бираига нисбатан кўчишларига қандай таъсир этади?

## IV Тезликларни қўшиш қоидаси

$\vec{s}_1 = \vec{v}_1 t$ ,  $\vec{s}_2 = \vec{u} t$ ,  $\vec{s} = \vec{v} t$  эканини ҳисобга олсак  
(1) тенглама ушбу кўринишга келади  $\vec{v} t = \vec{v}_1 t + \vec{u} t$  ёки

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{u}. \quad (6)$$

Жисмнинг қўзгалмас саноқ системасига нисбатан тезлиги жисмнинг ҳаракатланадиган саноқ системасига нисбатан тезлиги билан ҳаракатланадиган саноқ системасининг қўзгалмас саноқ системасига нисбатан тезлигининг геометрик йигиндисига тенг.

Тезликларни ҳисоблаш осон ва кўринарли бўлиши учун нисбий ва кўчирма тезлик деган тушунчалардан фойдаланамиз.

**Нисбий тезлик – жисмнинг ҳаракатдаги саноқ системасига нисбатан тезлиги.**

**Кўчирма тезлик – ҳаракатланадиган саноқ системасининг қўзғалмас саноқ системасига нисбатан тезлиги.**

Масалан, сузуви сувга нисбатан  $\vec{v}_{\text{нис}} = \vec{v}_1$  (13-расм) нисбий тезлик билан ҳаракатланади, оқим уни қирғоққа нисбатан  $\vec{v}_m = \vec{u}$  кўчирма тезлик билан олиб кетади. Сузувчи қирғоққа нисбатан  $\vec{v}$  тезлиқда ҳаракатланади. Демак, тезликларни қўшиш формуласи ушбу кўринишга келади:

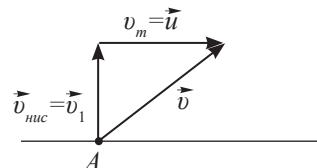
$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{нис}} + \vec{v}_m \quad (7)$$

Жисмнинг тезлиги – нисбий катталик.



## Жавоби қандай?

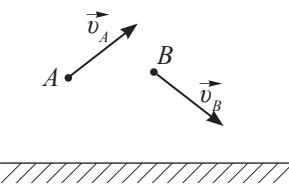
Нега Ерни қўзгалмас саноқ системаси сифатида қараганда, унинг Қуёш атрофида айланиши ва суткалик ҳаракати эътиборга олинмайди?



13-расм. Сузувчининг  $\vec{v}_1$  сувга нисбатан тезлик йўналиши ва A кузатувчига нисбатан тезлик йўналиши  $\vec{v}$ .

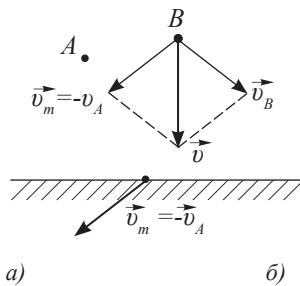
## V Икки жисмнинг нисбий тезлиги

$A$  ва  $B$  икки жисм ерга нисбатан  $\vec{v}_A$  ва  $\vec{v}_B$  тезликлар билан ҳаракатланади (14 а) расм). В жисмнинг  $A$  жисмга нисбатан тезлигини аниқлайлик. Бу учун  $A$  жисмни ҳаракатланадиган саноқ системаси сифатида оламиз, яъни шу жисмга ҳаёлан жойлашиб, бошқа жисмларнинг ҳаракатини қараймиз. Барча жисмлар ер билан бирга фазода модули бўйича  $A$  нутганинг тезлигига тенг, бироқ йўналиши қарама-қарши тезлик билан кўчади (14 б) расм).



## Жавоби қандай?

- Бир-бираiga нисбатан доимий тезлик билан ҳаракатланадиган саноқ системаларида нега жисм тезланишинин қиймати ўзгармайди?
- Нега Ерга нисбатан ҳаракатланмайдиган жисмни қўзгалмас саноқ системаси деб қабуллаб, ҳаёлан шу жисмга жойлашиб, атрофдаги жисмларнинг ҳаракатини унга нисбатан қараймиз?



**14-расм.** В нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан тезлигининг йўналишини аниқлаш

Шундай қилиб,  $B$  нуқтанинг  $A$  нуқтага нисбатан ҳаракат тезлигини аниқлаш учун векторларни қўшиш формуласини фойдаланамиз:

$$\vec{v} = \vec{v}_B + \vec{v}_m$$

ёки  $\vec{v}_m = -\vec{v}_A$  нисбатини хисобга олсак:

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

Икки жисмнинг нисбий тезлиги уларнинг тезлик векторларининг айримаси билан аниқланади.

Агар тезликларни айриши натижасида исталган бурчакли учбуручак ҳосил бўлса, унда номаълум тезликнинг сон қиймати косинустар теоремаси бўйича аниқланади:

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

ёки синустар теоремаси бўйича:

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

### Назорат саволлари:

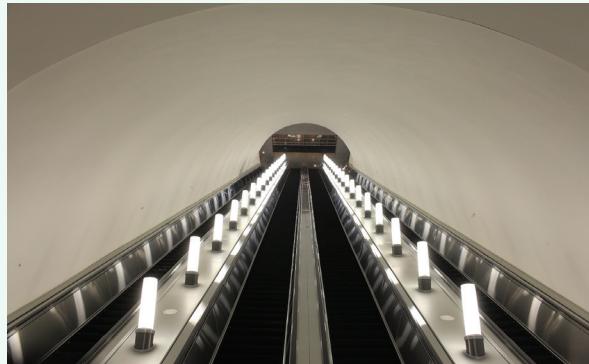
- Жисм ҳаракати нисбийлигини моҳияти нимада?
- Галилей алмаштиришлари қандай катталикларни боғлайди?
- Сизларга Галилей алмаштиришларининг қандай натижалари маълум?
- Икки жисмнинг нисбий тезлиги қандай аниқланади?

### Машқ

4

- Икки автобус бир йўналишда ҳаракатланади. Уларнинг тезлик модуллари 90 км/соат ва 60 км/соат. Биринчи автобуснинг иккинчи автобусга нисбатан ва икkinchi автобуснинг биринчи автобусга нисбатан тезликлари нимага teng?
- Икки параллел темир йўл бўйлаб бир-бирига қарама-қарши икки поезд 72 км/соат ва 108 км/соат тезликларда келмоқда. Биринчи поезднинг узунлиги 800 м, иккинчисининг узунлиги 200 м. Қандай вақт оралиғида биринчи поезд иккинчи поезднинг ёнидан ўтади?

3. Оқим тезлиги 2 м/с дарёда катер кирғоққа нисбатан 3,5 м/с тезлик билан перпендикуляр ҳаракатланиши учун мотор катерга қандай тезлик бериши керек?
4. Метро эскалатори у бўйлаб ҳаракатланаётган одамни 1 минутда пастга олиб тушади. Агар одам икки марта тезроқ юрса, у пастга 45 с да тушади. Агар одам қўзғалмай турса, унда у қанча вактда пастга тушади? Агар эскалатор тезлиги 0,9 м/с бўлса, унинг узунлиги қанча бўлади? Агар Жибек Жоли станциясида эскалаторнинг узунлиги 104 м бўлса, у йўловчини қанча вактда пастга туширади (*15-расм*)?



*15-расм. Алмати метрополитенинг Жибек Жоли станцияси*

### Экспериментал топшириқ

Секундомер ва ўлчов лентасидан фойдаланиб, икки ўқувчининг бир йўналишда ва қарама-қарши йўналишда ҳаракати пайтида кўчишларининг нисбий тезликларини аниқланг. Олинган натижаларни таҳлил қилинг.

### Ижодий топшириқ

«Турли касб соҳаларида, ишлаб чиқаришда, қишлоқ хўжалигига, цирк аттракционларида, авиацияда, турли спорт ўйинларида ва ш.к. ҳаракатнинг нисбийлигидан фойдаланиш» деган мавзуда ахборот тайёрланг.

## 5§. Эгри чизиқли ҳаракат кинематикаси

### Кутиладиган натижә:

Бу параграфни ўзлаштиргандага:

- Эгри чизиқли ҳаракатда жисмнинг тангенциал, марказга интилма ва тўла тезланишиларини, траекториянинг эртилик радиусини аниқлай оласиз.

Исталган эгри чизиқ бўйлаб ҳаракатланадиган жисм ҳаракатини ўргангандага траекторияни тўғри чизиқли қисмларнинг ва бирор радиусли айланадаги йиларининг йигиндиси сифатида қараш мумкин. Жисмнинг айланадаги бўйлаб ҳаракатини қарайлик.

### I Айланадаги бўйлаб жисмнинг текис тезланувчан ҳаракатини тавсифловчи чизиқли катталиклар

Айланадаги бўйлаб текис тезланувчан ҳаракатланадиган жисмнинг чизиқли тезлиги истаган тенг вақт оралигида бирдай қийматга ўзгаради. Текис тезланувчан ҳаракатда (*16 а) расм*):

$$v = v_0 + a_t t \quad (1)$$

Текис секинланувчан ҳаракатда (*16 б) расм*):

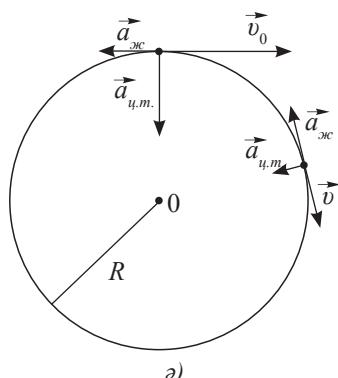
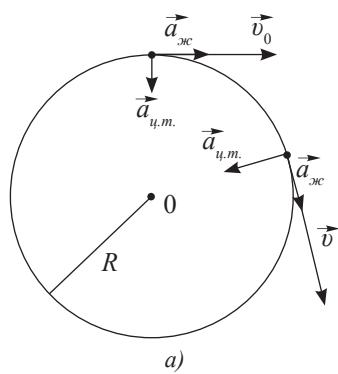
$$v = v_0 - a_t t \quad (2)$$

(1) ва (2) формулалардаги  $a_{\text{ж}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  тезланиш

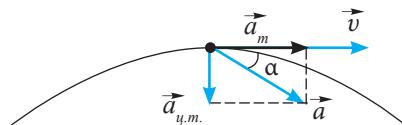
уринма ёки тангенциал тезланиш деб аталади. У чизиқли тезликнинг йўналиши бўйича траекторияга уринма бўйлаб ёки унга қарама-қарши йўналади. Агар айланадаги радиуси  $R$  доимий катталик бўлса, унда чизиқли тезликнинг ўзгариши натижасида марказга интилма тезланиш  $a_{u.m} = \frac{v^2}{R}$  ўзгарувчан катталик бўлди. Агар марказга интилма тезланиш тезликка  $90^\circ$  бурчак остида йўналса, уни нормал тезланиш деб,  $a_n$  ҳарфи билан белгилайди.

Айланадаги бўйлаб текис тезланувчан ҳаракатланадиган жисмнинг тўла тезланишини аниқлайлик (*17-расм*):

$$\vec{a} = \vec{a}_{\text{ж}} + \vec{a}_{u.m} .$$



**16-расм.** Моддий нуқтанинг айланадаги бўйлаб текис ўзгарувчан ҳаракати



**17-расм.** Тўла тезланиши ва уни ташкил этувчилари: уринма ва нормал тезланиши

Уринма нормал тезланиш  $\vec{a}_n$  ва  $\vec{a}_{\text{ж}}$  ўзаро перпендикуляр, сабаби айланага ўтказилган уринма радиуси перпендикуляр бўлди. Пифагор теоремасига кўра тўла тезланиш:

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_{\text{ж}}^2} \quad (3)$$

Тезлик билан тўла тезланиш орасидаги бурчакнинг қиймати маълум бўлса, нормал ва уринма тезланишни боғловчи формула:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_{u.m}}{a_{\omega c}}$$

ёки

$$a_{\omega c} = \frac{a_{u.m}}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Айлана бўйлаб текис тезланувчан ҳаракат вақтида тезланиши вектори айлананинг ичига йўналади. Бу векторнинг тангенциал (уринма) ташкил этувчиси тезликнинг модули бўйича ўзгаришини, нормал ташкил этувчиси (марказга интилма) йўналиши бўйича ўзгаришини тавсифлайди.

## II Жисмнинг айлана бўйлаб ҳаракатини тавсифловчи бурчак катталиклар

Текис тезланувчан ҳаракатда ё бурчак тезлик билан ё бурчак кўчишдан бошқа ё бурчак тезланиш тушунчасини киритиш лозим бўлади.

**Бурчак тезланиш – бурчак тезликнинг ўзгариш жадаллигини тавсифловчи физик катталиқ.**

Текис тезланувчан ҳаракат учун

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

Текис секинланувчан ҳаракат учун

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

Бурчак тезланишнинг ўлчов бирлиги  $[\varepsilon] = 1 \text{ рад/с}^2$  бурчак тезликнинг ўлчов бирлиги  $[\omega] = 1 \text{ рад/с}$ .

(4), (5) формуулардан бурчак тезликнинг оний қийматини ифодалайлик:

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

Олинган формула текис тезланувчан ҳаракатда чизиқли тезликни ҳисоблаш формуласига ўхшаш. Демак, бурчак кўчиш формуласи ҳам чизиқли кўчишни ҳисоблаш формуласига ўхшаш бўлади.

Айлана бўйлаб текис тезланувчан ҳаракат учун:

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



### Жавоби қандай?

- Нега уринма тезланиши тангенциал тезланиш деб ҳам атайди?
- Радиуси ўзгармас айлана бўйлаб текис тезланувчан ҳаракатнинг тўла тезланиши нега Пифагор теоремаси бўйича аниқланади?



### 1-топшириқ

Чизиқли ва бурчак катталикларни ҳисоблаш формуулаларининг ўхшашлиги ва фарқларини кўрсатинг.



### Жавоби қандай?

Нега жисмнинг айлана бўйлаб ҳаракатини тавсифлаш учун бурчак катталикларни қўллаш қулаироқ?

Айлана бўйлаб текис секинланучан ҳаракат учун:

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

Бурчак тезликнинг ўртача қийматини киритамиз:

$$\omega_{\text{ypr}} = \frac{\omega_0 + \omega}{2},$$

унда бурчак кўчишни ушбу формула бўйича аниқлашга бўлади:

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

### Эсга туширинг!

Чизиқли ва бурчак катталиклар орасидаги боғланиш:

$$l = \varphi R$$

$$v = \omega R$$

$$a_{\text{н.т.}} = \omega^2 R$$

## III Чизиқли ва бурчак катталикларнинг ўзаро боғланиши

Тезланишлар орасида боғланиш ўрнатайлик. (4) формуладаги бурчак тезликни чизиқли тезликка алмаштирайлик:

$\varepsilon = \frac{v}{R} - \frac{\omega_0}{R} = \frac{v - \omega_0}{tR} = \frac{a_{\text{ж}}}{R}$ . Шу тариқа, бурчак тезланиш уринма ёки тангенциал тезланиш билан куйидаги муносабат орқали боғланади:

$$a_{\text{т}} = \varepsilon R \quad (6)$$

(3) ва (6) формулани фойдаланиб, тўла тезланишнинг бурчак катталиклар орқали ифодасини оламиз:

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

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

**5-жадвал.** Чизиқли ва бурчак кинематик катталикларнинг нисбий жадвали

### Эсада сақланг!

$$a_{\text{ж}} = \varepsilon R$$

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



### Жавоби қандай?

Айлана бўйлаб ҳаракатни таъсифлоечи қандай катталиклар бўйича эргилик радиусини ҳисоблаш мумкин?

$\omega = \omega_0 + \varepsilon t; \quad \omega = \omega_0 - \varepsilon t$	$v = v_0 + at; \quad v = v_0 - at$
$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}; \quad \varphi = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}$	$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad s = v_0 t - \frac{at^2}{2}$
$\omega > \omega_0$ бўлганда $\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon};$	$s = \frac{v^2 + v_0^2}{2a}; \quad s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$
$\omega_0 > \omega$ бўлганда $\varphi = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\varepsilon}$	
$\omega_{\text{ypr}} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}$	$v_{\text{ypr}} = \frac{v_0 + v}{2}$



### 2-топшириқ

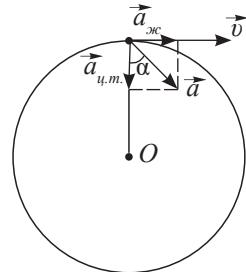
Эргилик радиусини ҳисоблайдиган барча мумкин формулаларни ёзинг. Чизиқли ва бурчак катталикларни ҳисоблаш формулаларнинг ўхшашлиги ва фарқларини кўрсатинг.

### Эсга туширинг!

Математика курсидан айлана радиусини ҳисоблашнинг қандай усулларини биласиз?

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

**1-масала.** Радиуси 10 см доира 3,14 рад/с<sup>2</sup> доимий бурчак тезланиш билан айланади (расмга қаранг). Ҳаракат бошланғандан кейинги биринчи секунд охирида 1) бурчак тезликни, 2) чизиқли тезликни, 3) тангенциал тезланишни, 4) нормал тезланишни, 5) тұла тезланишни, 6) ярим доира чеккасидаги нүкталар учун тұла тезланиш йұналиши билан айлана радиуси орасидаги бурчакни анықланг.



**Берилған:**

$$R = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$\varepsilon = 3,14 \text{ рад/с}^2$$

$$v_0 = 0, \omega_0 = 0$$

$$t = 1 \text{ с}$$

$$\omega -? \quad v -? \quad a_t -? \quad a_{\text{н.т}} -?$$

$$a -? \quad \alpha -?$$

**Ечиш:**

Жисмнинг айлана бүйлаб текис тезланувчан ҳаракатида унинг бурчак тезлиги

$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$ . Масала шартига күра  $\omega_0 = 0$ , шунда  $\omega = \varepsilon t$ . Биринчи секунд охирида  $\omega = 3,14 \text{ рад/с}$

Чизиқли тезлик билан бурчак тезликнинг боғланиш формуласы:  $v = \omega R$ . Биринчи секунд охирида  $v = 3,14 \text{ м/с}$ .

Тангенциал тезланиш вактта боғлиқ әмас, у доимий ва  $a_t = \varepsilon R = 0,314 \text{ м/с}^2$  га teng. Нормал тезланиш вактнинг квадратига пропорционал ортади:

$$a_{\text{н.т}} = \omega^2 R = \varepsilon^2 t^2 R, \text{ биринчи секунд охирида } a_{\text{н.т}} = 0,986 \text{ м/с}^2.$$

Тұла тезланишни Пифагор теоремаси бүйіча анықтаймиз:  $a = \sqrt{a_n^2 + a_{\text{ж}}^2}$ .

$$t = 1 \text{ с} \text{ бүлгандан } a = 1,03 \text{ м/с}^2.$$

$$\text{Биринчи секунд охирида (расмга қаранг)} \sin \alpha = \frac{a_{\text{ж}}}{a} = \frac{0,314}{1,03} = 0,305 \text{ яъни,}$$

$$\alpha = 17^\circ 46'.$$

**Жавоби:**  $\omega = 3,14 \text{ рад/с}$ ,  $v = 3,14 \text{ м/с}$ ,  $a_t = 0,314 \text{ м/с}^2$ ,  $a_{\text{н.т}} = 0,986 \text{ м/с}^2$ ,  $a = 1,03 \text{ м/с}^2$ ,  $\alpha = 17^\circ 46'$ .

### Назорат саволлари:

- Чизиқли тезлик модулининг үзгариш тезлигини тұла тезланишнинг қандай ташкил этувчи тавсифлайды? Тезлик үйналиши үзгаришини-чи?
- Әгри чизиқли ҳаракатланадиган жисм траекторияси қандай шарттарда тұғри чизиқли бўлади?
- Қандай катталикни бурчак тезланиш деб аталади? У уринма тезланиш билан қандай боғлиқ? Тұла тезланиш билан-чи?

**Машқ**

**5**

- Радиуси 1 м бўлган айлана бүйлаб текис тезланувчан ҳаракатлана бошланғандан нукта 50 метр йўлни 10 с да ўтди. Ҳаракат бошланғандан кейин 5 с ўтгач нуктанинг нормал тезланиш нимага teng?

- Поезд 54 км/соат бошлангич тезликда йўлнинг доиравий қисмига кириб келади ва 30 с да 600 м йўл юради. Эгрилик радиуси 1 км. Шу йўл охиридаги поезднинг тезлиги ва тўла тезланишининг модулини топинг. Тангенциал тезланишни модули бўйича доимий деб ҳисобланг.
- Бошлангич бурчак тезлиги  $\omega_0 = 2\pi$  рад/с маҳовик 10 марта айланиб, ишқаланиш таъсирида тўхтади. Маҳовикнинг бурчак тезланишини доимий деб ҳисоблаб, унинг қийматини топинг.
- Нуқта айланада бўйлаб  $0,04$  рад/с<sup>2</sup> доимий тезланиш билан айланади. Тезланиш вектори қанча вақтдан кейин тезлик вектор билан  $45^\circ$  ҳосил қиласди?
- Астана шаҳрининг «Думан» ўйингоҳининг ёнида жойлашган томоша ғилдирагининг баландлиги 65 метр (*18-расм*). Айланаш даври 7 минут бўлса, айланаштган ғилдирак кабиналари қотирилган нуқталарнинг чизиқли ва бурчак тезликлари, нормал ва бурчак тезланишлари қандай?



*18-расм. МДХ давлатларида баландлиги бўйича иккинчи ўриндаги томоша ғилдираги*

### Экспериментал топшириқ

Велосипеднинг асфальт билан тупроқ сиртида тормозланишида ғилдирагининг ҳаракатини тавсифловчи чизиқли ва бурчак катталикларни аниқланг. Бу ҳолларда ғилдирак айланшини ўрганиш учун қандай ўлчов асбоблари керак?

### Ижодий топшириқ

«Турли шаҳарлар ҳиёбонларидағи экстремал аттракционларнинг кинематик характеристикалари. Улардан фойдаланиш вақтидаги хавфсизлик техникаси» деган мавзуда ахборот тайёрланг.

## 6§. Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракати

### Кутиладиган натижада:

Бу параграфни ўзлаштирганданда:

- Горизонтга бурчак остида отилган жисм ҳаракатидаги кинематик киттапликларни аниқлай оласиз;
- горизонтга бурчак остида отилган жисм ҳаракатининг траекториясини ва траекториянинг эгрилик радиусини аниқлай оласиз.

### I Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг оний тезлиги

Оний тезлик модулини уни ташкил этувчилирнинг модуллари ёки  $0x$  ва  $0y$  ўқларига проекциялари бўйича аниқлайди (19-расм):

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}.$$

0 нуктада оний тезлик:

$$v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$$

бўлади, бу ерда

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

Ҳаракатнинг мустақиллиги принципидан фойдаланиб, жисм ҳаракатини  $0x$  ва  $0y$  ўқлари бўйича алоҳида қараймиз. Агар муҳит қаршилигини хисобга олмасак, унда жисм  $0x$  ўқи бўйича текис ҳаракатланади, траекториянинг барча нукталарида тезлик векторининг  $0x$  ўқи бўйича ташкил этувчиси модули доимий бўлиб қолади ва бошланғич тезлик проекциясига тенг бўлади  $v_x = v_{0x}$ .

$0y$  ўқи бўйича жисм текис тезланувчан ҳаракатланади: тезлик векторининг ўқ бўйича ташкил этувчининг модули жисмни кўтарилаётганда ноль қийматгача камаяди, тушаётганда эса – ортади. Отиш сатҳида унинг қиймати бошланғич тезлик проекциясига тенг бўлади  $v_y = v_{0y}$ .  $0y$  ўқи бўйича тезлик ташкил этувчининг оний қиймати:

$$v_y = v_{0y} - gt \text{ бўлади.}$$

Траекториянинг исталган нуктасида тезлик ташкил этувчилирнинг вақтга боғлиқлигини хисобга олсан, оний тезлик қиймати келаси формула билан аниқланади:

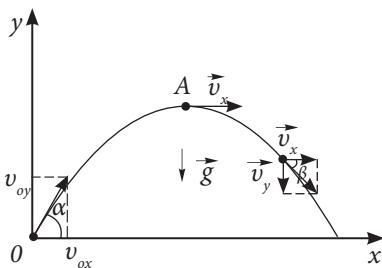
$$v = \sqrt{v_{0x}^2 + (v_{0y} - gt)^2}.$$

$A$  – максимал кўтарилиш нуктасида жисмнинг оний тезлиги  $0x$  ўқига туширилган тезлик проекциясига тенг бўлади:

$$v_A = v_0 \cos \alpha.$$

Тезлик векторининг вертикалга нисбатан  $\beta$  бурилиш бурчагининг қиймати маълум бўлса, траекториянинг исталган нуктасида тезликнинг қийматини келаси формула бўйича аниқлашга бўлади:

$$v = v_0 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$



19-расм. Учиши траекториясининг турли нукталарида тезлик векторини ташкил этувчилирга ажратили

кил этувчининг оний қиймати:

$$v_y = v_{0y} - gt \text{ бўлади.}$$

Траекториянинг исталган нуктасида тезлик ташкил этувчилирнинг вақтга боғлиқлигини хисобга олсан, оний тезлик қиймати келаси формула билан аниқланади:

$$v = \sqrt{v_{0x}^2 + (v_{0y} - gt)^2}.$$

$A$  – максимал кўтарилиш нуктасида жисмнинг оний тезлиги  $0x$  ўқига туширилган тезлик проекциясига тенг бўлади:

$$v_A = v_0 \cos \alpha.$$

Тезлик векторининг вертикалга нисбатан  $\beta$  бурилиш бурчагининг қиймати маълум бўлса, траекториянинг исталган нуктасида тезликнинг қийматини келаси формула бўйича аниқлашга бўлади:

$$v = v_0 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

## II Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг координаталари

Жисм  $0x$  ўки бўйлаб текис ҳаракатланади, демак, ҳаракат қонуни қуидагида бўлади:

$$x(t) = x_0 + s_x.$$
$$x_0 = 0, s_x = v_{0x}t, v_{0x} = v_0 \cos\alpha$$
 эканини ҳисобга олсак:  
$$x(t) = (v_0 \cos\alpha) t. \quad (1)$$

Оу ўки бўйича жисм  $g$  эркин тушиш тезланиши билан текис ўзгарувчан ҳаракатланади, бул ҳаракат тури учун формула қуидаги кўринишда бўлади:

$$y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{gt^2}{2}.$$

Қаралаётган жисм учун  $y_0 = 0, v_{0y} = v_0 \sin\alpha, g_y = -g$  эканини ҳисобга олсак:

$$y(t) = (v_0 \sin\alpha)t - \frac{gt^2}{2}. \quad (2)$$

Олинган (1) ва (2) тенгламалар горизонга бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракат қонулари бўлиб ҳисобланади.

## III Траектория тенгламалари

Икки (1) ва (2) тенгламалардан тузилган система ни ечиб,  $y(x)$  боғланишини оламиз. (1) тенгламадан вақтни ифодалаб  $t = \frac{x}{v_0 \cos\alpha}$ , (2) тенглама кўйсак,

$$y(x) = v_0 \sin\alpha \frac{x}{v_0 \cos\alpha} - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2\alpha}$$

ёки  $y(x) = -\frac{g}{2v_0^2 \cos^2\alpha} x^2 + (tg\alpha)x \quad (3)$

бўлади.

Горизонтга бурчак остида отилган жисм траекториясининг тенгламаси (3) тармоқлари пастга қараган парабола тенгламасини беради.

### 1-топширик

- Камондан 60 м/с тезлик билан горизонта 20° бурчак остида ( $\sin 20^\circ \approx 0,34; \cos 20^\circ \approx 0,94$ ) отилган ўқнинг (20-расм) бошланғич тезлигининг ташкил этувчилиарини аниқланг.
- Ўқнинг горизонта бурилиш бурчаги 10° ( $\cos 10^\circ \approx 0,98$ ) бўлган вақтдаги учиш тезлигини аниқланг.
- Траекториянинг энг юқори нуқтасида ўқнинг тезлигини топинг.



20-расм. Республика камон отиши мусобакасига таёргарлик машқи.  
Жамбиль вилояти

### 2-топширик

- (3) траектория тенгламасидан фойдаланиб, ўқнинг учиш траекториясини ясанг. Ўқнинг бошланғич координаталарини Ога тенг деб олинг.
- Агер отилган ўқ сатҳи билан нишон маркази мос келса, нишон қандай масофада жойлашган? Жавобларда ўзингиз ясаган графикдан фойдаланинг.

## IV Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракатини тасифловчи катталиклар

Горизонтга бурчак остида отилган жисм ҳаракатини аниқловчи асоси катталиклар: баландлик, учиш узоқлиги, кўтарилиш вақти ва тушиш вақти. Жисмларнинг эркин тушиш формуласидан (4-жадвал, 18 бет) ва горизонтга бурчак остида отилган жисм

координаталари билан  $0x$ ,  $0y$  ўқлари бўйича тезликни ташкил этувчиларидан фойдаланиб, бу катталикларни ҳисоблаш формулаларини оламиз.

$$\text{Учиш баландлиги } h_y = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g_y} \text{ формуласига}$$

бошлангич вақтда ва исталган  $t$  вақт моментида  $0y$  ўқига туширилган тезлик проекцияларини  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$ ,  $v_y = v_0 \sin \beta$  кўямиз.  $g_y = -g$  эркин тушиш тезланиши проекциясининг ишорасини ҳисобга олсак:

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha - v^2 \sin^2 \beta}{2g} \quad (4)$$

Энг юқори нуктада тезликнинг  $0y$  ўқи бўйича ташкил этувчиси нолга тенг  $v_y = 0$ ,  $\beta = 0$ , (4) ифода кўйидаги кўринишга эга бўлади:

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

Энг юқори баланликка кўтарилишга кетган вақтни оний тезликни ҳисоблаш формуласидан чиқарамиз:

$v_y = v_{0y} - gt = v_0 \sin \alpha - gt$ .  
 $v_y = 0$  бўлган пайтда ёзилган тенгламадан кўтарилиш вақтини ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$t_{\text{кўтарилиши}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \quad (6)$$

Учиш вақти жисмнинг  $0y$  ўқи бўйича координатаси нолга тенг  $y = 0$  бўлган пайтда тушиш вақти орқали аниқланади. Берилган шартларда жисм координаталарини ҳисоблаш формуласидан:

$$y(t) = (v_0 \sin \alpha)t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad (7)$$

(6) ва (7) формулаларни солишириб, тушиш вақти учун оламиз:

$$t_T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} .$$

Отиш сатҳигача кўтарилиш ва тушиш вақти бирдай қийматга эга бўлади.

Учиш узоқлиги жисмнинг  $0x$  ўқи бўйича координатасидан аниқланади:

$$l = x(t) = (v_0 \cos \alpha)t = \frac{(v_0 \cos \alpha) \cdot 2v_0 \sin \alpha}{g} . \quad (8)$$

бундан

$$l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} .$$

### 3-топширик

- Камон ўқининг энг юқори кўтарилиш баландлигини, кўтарилиш вақтини, тушиш вақтини, учиш вақтини аниқланг.
- Ўқ отилгандан кейин горизонтга нисбатан бурчаги  $10^\circ$  бўлгунча қанча вақт ўтишини аниқланг.
- Шу вақт ичida ўқининг кўтарилиш баландлигини ҳисобланг ( $\sin 10^\circ \approx 0,17$ ).

### Жавоби қандай?

Энг юқори баландликка кўтарилиш ва бошлангич сатҳга тушиши вақтлари бирдай қийматга нега фақат ишқаланиши бўлмагандагина тенг бўлади?

## V Траекториянинг эгрилик радиуси

Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракат траекториясини ташкил қилган айланалар кичик ёйларининг радиуси эгрилик радиуси деб аталади.

$a_{\text{м.и.}} = \frac{v^2}{R}$  формуладан эгрилик радиуси  $R = \frac{v^2}{a_{\text{м.и.}}}$  экани чиқади. Параболанинг  $A$ ,  $O$

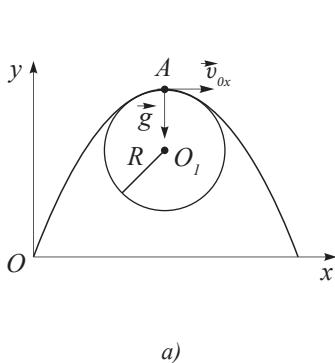
ва  $B$  нүкталарининг эгрилик радиусини аниқлаймиз (21-расм).

а)  $A$  нүктада (21 а) расм)  $v = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ ,  $a_{\text{м.и.}} = g$  демак:

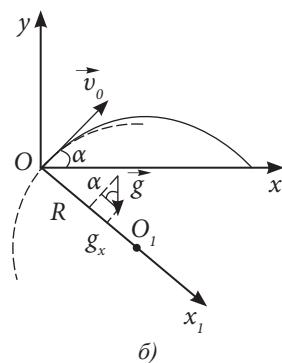
$$R_A = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{g}.$$

б)  $O$  нүктада (21 б) расм)  $v = v_0$ , эркин тушиш тезланишининг  $Ox$  ўқига проекцияси марказга интилма тезланиш бўлади  $a_{\text{м.и.}} = g \cos \alpha$ , унда

$$R_O = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha}$$



а)



б)

21-расм. Парабола нүкталари учун эгрилик радиусини ясаши

## VI Горизонтал отилган жисмнинг ҳаракати

Агар тезлик йўналиши билан горизонт чизиги орасидаги бурчак  $\alpha = 0$  нолга teng бўлса, унда жисм учи отиш нүктасида бўлган парабола тармоғи бўйича ҳаракатланади (22-расм).

Ҳаракатни тавсифлаш учун юкорида қаралган барча формулалар ишлатилади. Оу ўки бўйича жисм  $g$  эркин тушиш тезланиши билан текис тезланувчан ҳаракатланади, учиш баландлиги:

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

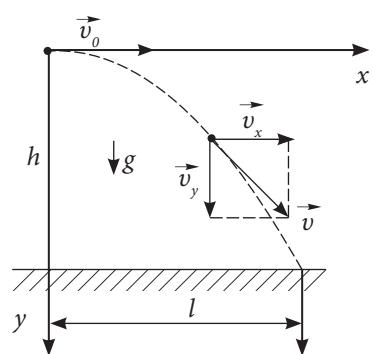
Ох ўки бўйича  $v_0$  бошланғич тезлиқда текис ҳаракатланади, учиш узоқлиги ушбу формула билан аниқланади:

$$l = v_0 t$$

Оний тезлик траекториянинг исталган нүктасида

$$v = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$$

бўлади.



22-расм. Горизонтал отилган жисмнинг тезлиги траекторияга уринма бўйлаб йўналган

## Назорат саволлари:

1. Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг оний тезлиги қандай аниқланади?
2. Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракатини тавсифловчи асоси катталикларни атанг. Уларни таърифланг.
3. Ҳаракат қонунининг траектория тенгламасидан асоси фарқи нимада?



## Машқ

6

1. Жисм 10 м/с тезликда горизонтга  $45^\circ$  бурчак остида отилган. Жисмнинг  $x$  координатаси 3 метрга тенг бўлган пайтдаги кўтарилиш баландлигини аниқланг.
2. Горизонтал 10 м/с тезликда отилган жисмнинг учиш узоқлиги отиш баландлигига тенг. Жисм қандай баландлиқдан отилган?
3. Агар энг юқори кўтарилиш нуқтасида эгрилик радиуси учиш баландлигидан 2 марта ортиқ бўлса, жисм горизонтга қандай бурчакда отилган?
4. Тоғнинг этагида жойлашган тўпдан тоғнинг қия ёнбағрида жойлашган нишонлар отилмоқда. Қиялик бурчаги горизонтга  $30^\circ$ . Тўп стволи горизонтга нисбатан  $60^\circ$  бурчак ҳосил қиласди. Тўп ва снаряднинг тушган ўрни орасидаги минимал масофани аниқланг.
5. Далада олдида тўсик учрамаган кучли шамол бўронгача кучайиши мумкин. Айниқса, Жонғар ва Гашун Гобиндаги шамол хавфли, у уйларнинг томини юлиб олади, ўтовларни ағдариб, 3-5 км масофаларга олиб бориб ташлайди. Шамолнинг таъсири кисқа муддатли деб ҳисоблаб, горизонтга  $45^\circ$  бурчак остида йўналган унинг бошланғич тезлигини аниқланг.

## Экспериментал топшириқ

Ўйинчоқ тўппончадан отилган ўқнинг учиш узоқлигини отиш бурчагига боғлиқлигини ўрганинг. Сизга қандай асбоблар керак? Олинган натижаларни назариядагилар билан солиштиринг, ўз ўлчовларингизнинг тасодифий ва системали хатоликларининг сабабларини кўрсатинг.

# 1-бобнинг хуносаси

Ҳаракат туриси	Ҳаракат қонуни	Траектория тенгламаси	Эгрилик радиуси
Горизонтга бурчак остида отилган жисм ҳаракати	$x(t) = (v_0 \cos \alpha)t$ $y(t) = (v_0 \sin \alpha)t - \frac{gt^2}{2}$	$y(t) = -\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 + (\tan \alpha)x$	$R = \frac{v^2}{a_{u.m}}$
Айлана бўйлаб текис тезланувчан ҳаракат	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"><b>Тезланиш</b></div> <div style="text-align: center;"><b>Бурчак тезланиш</b></div> </div> $a = \sqrt{a_{u.m}^2 + a_{\omega}^2}$ $\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t}$ $\varepsilon = \frac{\omega_0 - \omega}{\Delta t}$	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"><b>Бурчак тезлик</b></div> <div style="text-align: center;"><b>Бурчак кўчиш</b></div> </div> $\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$ $\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$ $\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$ $\varphi = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\varepsilon}$	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"><b>Тезланиш билан боғланиши</b></div> <div style="text-align: center;"><b>Тезланиш ва бурчак тезлик боғланиши</b></div> </div> $a_{\omega} = \varepsilon R$ $a_{u.m} = \omega^2 R$ $a = R\sqrt{\omega^4 - \varepsilon^2}$
<b>Галилей алмаштиришлари</b>		<b>Галилей алмаштиришлари натижалари</b>	
$x = x_1 + u_x t$ $y = y_1$ $z = z_1$ $t = t_1$		$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$ $\vec{v} = \vec{v}_{cas} + \vec{v}_m$	

## Глоссарий

**Ҳаракат тенгламаси** – жисмнинг  $x$  координатасининг  $t$  вақтга боғлиқлиги.

**Уринма тезланиш** – чизиқли тезликнинг ўзгариш жадаллигини тавсифловчи физик катталини.

**Кинематика** – жисм массаси билан жисмга таъсир этувчи кучларни эътиборга олмай, жисмларнинг ҳаракатини ўрганувчи механиканинг бўлими.

**Механика** – моддий жисмларнинг механик ҳаракати ва уларнинг орасидаги ўзаро таъсирлашишлари ҳақидаги фан.

**Бурчак тезланиш** – бурчак тезликнинг ўзгариш жадаллигини тавсифловчи физик катталини.

**Кинематиканинг асоси масаласи** – нукталар ёки жисмлар ҳаракатларининг берилиш усулларини ва шу ҳаракатларнинг кинематик характеристикаларини аниqlashi.

**Абсолют тезлик** – жисмнинг қўзғалмас саноқ системасига нисбатан тезлиги.

**Нисбий тезлик** – жисмнинг ҳаракатланадиган саноқ системасига нисбатан тезлиги.

**Кўчирма тезлик** – ҳаракатланадиган саноқ системасининг қўзғалмас саноқ системасига нисбатан тезлиги.

**2-БОБ**

# ДИНАМИКА

Бирор бир ҳаракатнинг пайдо бўлиш сабаблари механиканинг динамика бўлимида қаралади.

**Динамика** (грекнинг *δύναμις* – «қуч» сўзидан чиққан) – жисмларнинг уларга қўйилган куч таъсиридаги ҳаракатини ўрганадиган механиканинг бўлими.

Бўлим Ньютоннинг уч қонунига асосланган, динамиканинг масалаларини ҳал қилишга қаратилган барча тенгламалар ва теоремалар шу қонунларнинг натижалари.

## **Бобни ўрганиш орқали сиз:**

- жисмларнинг бир неча куч таъсиридаги ҳаракати вақтида масалалар ечишнинг мумкин бўлган алгоритмини тузишни;
- инерт ва гравитацион массаларнинг физик маъносини тушунтиришни;
- моддий нуқтанинг гравитация майдонининг кучланганлиги ва потенциалининг масофага боғлиқлигини график усулда тушунтиришни;
- масала ечишда бутун олам тортишиш қонунини қўллашни;
- моддий жисмларнинг инерция моментларини ҳисоблаш учун Штейнер теоремасидан фойдаланишни;
- масалалар ечишда ўзгарувчан ҳаракат динамикасининг тенгламасини турли формаларда қўллашни;
- илгариланма ва ўзгарувчан ҳаракатни тавсифлайдиган физик катталиклар орасида боғланишларни;
- жисмнинг инерция моментини тажриба усулида аниқлашни ўрганасиз.

## 7§. Кучлар. Кучларни қўшиш. Ньютон қонунлари

### Кутиладиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштиргандага:

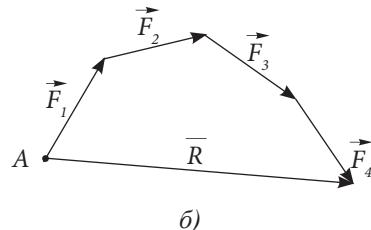
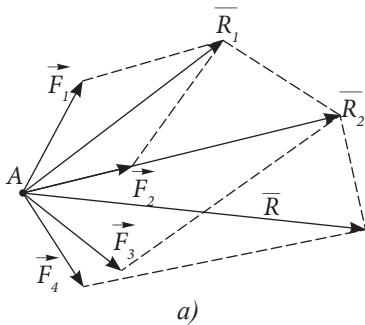
- кучларни график тасвирлай оласиз;
- тeng таъсир этувчи кучни аниқлай оласиз;
- бир неча куч таъсир этган жисмларнинг ҳаракатига oid масалалар ечишининг мумкин бўлган алгоритмларини тузга оласиз.



### 1-топширик

- Ўзингиз танлаган масштабда массаси 2500 кг бўлган юкка таъсир этувчи оғирлик кучини, оғирликни тасвирланг.
- Куч векторини график тасвирлаш алгоритмини тузинг.

топилади (23, б-расм). График усулда куч векторларининг teng таъсир этувчисини исталган тартибда чизиб аниқлаш мумкин, бунда teng таъсир этувчи кучнинг йўналиши ва катталиги ўзгармайди. Тенг таъсир этувчи вектор биринчи векторнинг бошидан охирги векторнинг учига томон йўналган.



23-расм. Тeng таъсир этувчи кучни аниқлашнинг геометрик усули

Аналитик усулнинг маъноси қўйидагича: барча таъсирлашувчи кучларни икки ўзаро перпендикуляр  $Ox$  ва  $Oy$  ўқларига проекциялаймиз ва шу проекцияларнинг йиғиндисини топамиз:

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx}$$

$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny}$$

Олинган натижалар Пифагор теоремаси бўйича тенг таъсир этувчи кучнинг модулини аниқлаш учун фойдаланилади:

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2}$$

Бу усулни координата усули деб аташ қабулланган.

### III Динамиканинг асосий қонунлари

Жисмларнинг ҳаракат турлари ва уларнинг пайдо бўлиш сабаблари ҳақидаги билимларни умумлаштириб, И.Ньютон учта қонун таърифлади:

#### Ньютоннинг I қонуни:

Агар жисмга кучлар таъсир этмаса ёки кучлар таъсири мувозанатланган бўлса, унда жисм тинч ҳолатини сақлайдиган ёки тўғри чизиқли ва текис ҳаракатланадиган инерциал саноқ системалари бор.

Агар жисмга кўйилган кучларнинг таъсири мувозанатлашган бўлса, унда Ньютоннинг I қонуни қуидаги кўринишда бўлади:

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

Ньютоннинг биринчи қонуни жисмнинг тўғри чизиқли ва текис ҳаракатланиш шартини аниқлайди.

Ньютоннинг биринчи қонуни бажариладиган саноқ системалари инерциал саноқ системалари (ИСС), қонун эса – инерция қонуни деп аталади. Бизнинг планетамизда механик ҳодисаларни ҳаракатлаш учун ИСС сифатида Ер, тинчликдаги ва Ерга нисбатан ўзгармас тезлиқда ҳаракатланувчи жисмлар олинади.

Тезланишли ҳаракатланадиган жисмларга нисбатан Ньютон қонуни бажарилмайди. Тезланишли ҳаракатланадиган жисмлар билан боғлиқ системаларни ноинерциал саноқ системалари (НИСС) деб аталади.

#### Ньютоннинг II қонуни:

Тезланишли ҳаракатланаётган жисм тезланиши унга қўйилган тенг таъсир этувчи кучга тўғри пропорционал, унинг массасига эса тескари пропорционал.

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

#### 2-топшириқ

- Молекуляр электромагнит кучларни ҳисоблаш формуласини ёзинг.
- Берилган кучнинг қўйилиш нуқтаси ва йўналишини график кўринишда тасвиранг.

#### Куч кўпбурчагини ясаш алгоритми

- Текислиқда  $A$  нуқтани ёки жисмнинг масса марказини танлаймиз.
- $\vec{F}_1$  биринчи векторни узунлигини саклаб, уни бошини танланган нуқтага қўямиз.
- Биринчи векторнинг учига иккинчи  $\vec{F}_2$  векторнинг бошини жойлаштирамиз. Шу каби векторлар учини кейинги вектор боши билан туташтириб, барча векторларни чизамиз.
- Тенг таъсир этувчи куч вектори хосил бўлган синиқ чизиқни беркитади. У биринчи вектор бошини охирги вектор боши билан кўшади, охирги вектор учига томон йўналади.

Тезланишнинг йўналиши жисмга қўйилган барча кучларнинг тенг таъсир этувчиси йўналиши билан мос келади  $\vec{a} \uparrow \vec{F}_R$ .

Ньютоннинг иккинчи қонуни жисмнинг нотекис ёки текис ўзгарувчан ҳаракати шартини аниқлайди. Ньютоннинг иккинчи қонуни ИСС учун бажарилади.

Ньютоннинг иккинчи қонунини импульс қўришида, тезланишнинг – жисм тезлигининг ўзгариш жадаллигини  $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$  билдиришини ҳисобга олиб, ёзамиз:

$$\vec{F}\Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0,$$

у ерда  $\vec{F}$  – жисмга қўйилган тенг таъсир этувчи куч.

### 3-топшириқ

- 23-расмдаги A нуқтага қўйилган кучларнинг тенг таъсир этувчисини аналитик усулда аниқланг.
- Тенг таъсир этувчи кучни аналитик усулда топиш алгоритмини тузинг.

### Ньютоннинг III қонуни:

**Жисмлар модуллари бўйича тенг, йўналишлари бўйича қарама-қарши кучлар билан ўзаро таъсирашади. Улар табиати бўйича бир хил кучлар бўлиб, турли жисмларга қўйилади ва бир тўғри чизик бўйлаб таъсир қиласди:**

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

### Динамика масалаларини ечиш алгоритми

- Расмдан жисмга таъсир этувчи кучлар ва тезланишнинг йўналишини кўрсатиш (24-расм).
- Асосий ҳаракат қонунини вектор турда ёзиш

$$m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{шик.}}$$

- Ечишга қулай  $0x$  ва  $0y$  ўқларини танлаб, улардан бирини жисмнинг ҳаракати йўналишида йўналтириш.
- Асосий қонунни танлаб олинган ўқларга проекциялаш орқали ёзиш:

$$\begin{aligned} ma_x &= F_x + mg_x + F_{\text{шик.}x} + N_x \\ ma_y &= F_y + mg_y + F_{\text{шик.}y} + N_y \end{aligned}$$

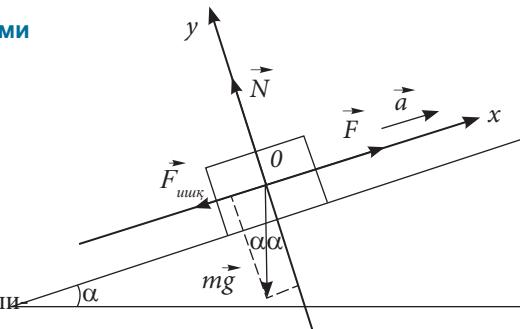
- Векторларнинг проекцияларини модуллар орқали ишораларини эътиборга олиб ифодалаш:

$$\begin{aligned} ma &= F - mg \cdot \cos \alpha - F_{\text{шик.}} \\ 0 &= -mg \cdot \sin \alpha + N \end{aligned}$$

- Керак бўлса кучларни ҳисоблаш ва кинематик катталиклар формулаларини ёзиш:

$$\begin{aligned} F_{\text{шик.}} &= \mu N \\ a &= \frac{v^2 - v_0^2}{2s} \end{aligned}$$

- Тенгламалар системасини номаълум катталиқ, масалан охирги тезликка нисбатан ечиш.



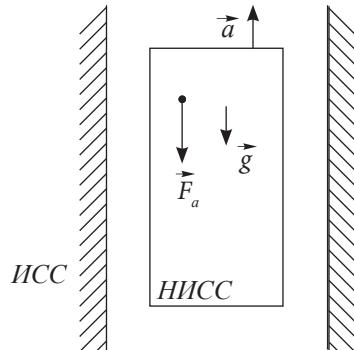
**24-расм.** Тўрт куч таъсирида жисм қия текислик бўйлар юқорига тезланиши билан ҳаракатланмоқда

## IV Ноинерциал саноқ системаси учун Ньютоннинг иккинчи қонуни. Инерция кучи

Агар жисмга таъсир этувчи содда қучлар билан бирга инерция кучини ҳам киритсак, унда Ньютоннинг иккинчи қонунини ноинерциал саноқ системасига ҳам кўлласа бўлади.

Инерция кучи деганимиз – жисмларнинг ўзаро таъсирлашувида мустақил равишда пайдо бўладиган куч. Ноинерциал саноқ системасини танлаш инерция кучини киритишга олиб келди.

**Инерция кучи жисм массасининг саноқ системаси тезланишига қўпайтмасига тенг ва у система тезланишига қарама-қарши йўналган:**



a)

25 а) расмда жисмга таъсир этувчи оғирлик кучи ва лифт кабинасининг Ерга нисбатан тезланиши кўрсатилган. 25 б) расмда инерция куч киритилган, жисм лифт кабинаси га нисбатан  $\vec{g} + \vec{a}$  тезланиши билан ҳаракатланади.

## V Боғланган жисмлар ҳаракати

26-расмда  $\vec{a}$  тезланиш билан ҳаракатланадиган боғланган жисмлар системаси тасвирланган. Жисмлар системасининг ҳаракатини тавсифловчи катталикларни ҳисоблаганда жисмга таъсир этувчи барча кучларни кўрсатиш керак. Ҳар бир жисм учун Ньютоннинг иккинчи қонунини ёзамиш:

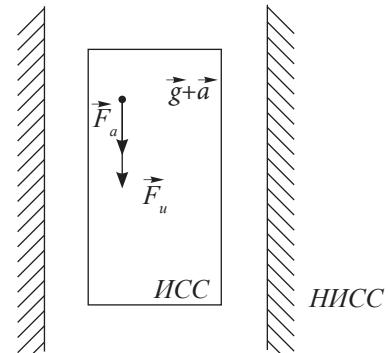
$$m_1 \vec{a} = \vec{F}_{a1} + \vec{F}_{\kappa 12}$$

б)

$$m_2 \vec{a} = \vec{F}_{\kappa 21} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{\kappa 23} + \vec{F}_{a2}$$

$$m_3 \vec{a} = \vec{F}_{\kappa 32} + \vec{N}_3 + \vec{F}_{a3}.$$

бу ерда  $F_{\kappa 12}$  – биринчи жисмга иккинчи жисм томонидан таъсир этувчи куч,  $F_{\kappa 21}$  – иккинчи жисмга биринчи жисм томонидан таъсир этувчи куч,  $F_{\kappa 23}$  – иккинчи жисмга учинчи жисм томонидан таъсир этувчи куч,  $F_{\kappa 32}$  – учинчи жисмга иккинчи жисм томонидан таъсир этувчи куч.

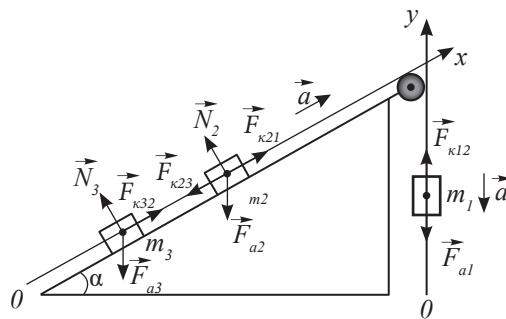


**25-расм. ИСС ва НИСС да кучлар ҳамда тезланишларни тасвирлаши**



### Эсада сақланг!

Кучлар системасининг тезланишини аниқлаш учун системани ҳаракатга келтирадиган ташқи кучлардан ҳаракатга қарама-қарши таъсир этувчи ташқи кучларни айриб, натижасини система массасига бўлиш керак.



**26-расм.** Қия текислик бүйлаб боғланган жиссілар ҳаракаты

Ечиш учун қулай ўқларни танлаймиз, тенгламаларни катталиклар модули проекциялари орқали ёзамиз, кейин системани номаълум катталикка нисбатан ечамиз. Ечишда Ньютоннинг учинчи қонуни асосида жисмларнинг ўзаро таъсирлашиш кучлари

$$\vec{F}_{12} = F_{21}; \quad F_{23} = F_{32}$$

эканини ҳисобга оламиз.

Агар бир-бири билан боғланган система жисмлари орасидаги ўзаро таъсир кучлари Ньютоннинг учинчи қонунига кўра бир-бирига тенг бўлганидан уни ҳаракатга келтира олмаслигини эътиборга олсан, масалани ечиш осонроқ бўлади.

Система жисмлари орасидаги ўзаро таъсир кучлари ички кучлар деб аталади.

Ташқи кучлар системани ҳаракатга келтиради.

26-расмда кўрсатилган жисмлар системаси учун жисмни ҳаракатга келтирувчи ташқи кучлар бу  $F_{a1}$ ,  $F_{a2}$ ,  $F_{a3}$  оғирлик кучлари. Системанинг тезланиши жисмларни боғловичи ип бўйлаб шу кучларнинг тенг таъсир этувчи кучига тўғри пропорционал ва системанинг массасига тескари пропорционал:

$$a = \frac{F_{a1} - F_{a2} \sin \alpha - F_{a2} \sin \alpha}{m_1 + m_2 + m_3}.$$

### Назорат саволлари:

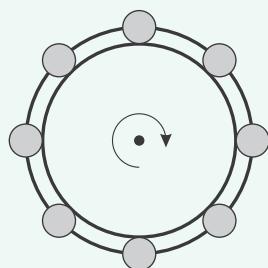
- Ньютон қонунларини таърифланг.
- Табиатига кўра кучларнинг қандай турларини биласиз?
- Қандай кучларни инерция кучлари деб аталади?
- Боғланган жисмлар системасини қандай кучлар ҳаракатга келтиради?

### ★ Машқ

7

- Пўлатдан ясалган тик пластинкага ёпишган массаси 50 г магнит тик юқорига текис кўчиши учун қандай куч сарфлаш керак? Магнитни тик пастига текис ҳаракатлантириш учун 1,5 Н куч сарфланади.

- Киялик бурчаги  $30^\circ$  бўлган силлиқ қия текислиқда массаси 50 кг жисм жойлашган, унга қўндаланг йўналган 294 Н куч таъсир этади. Бу куч а) чапдан ўнгга томон; б) ўнгдан чапга томон таъсир этган ҳолларда жисмнинг тезланишини аниқланг;  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .
- $1,2 \text{ м/с}^2$  тезланиш билан тик юқорига ҳаракатланаётган лифт тепасида динамометр қотирилган, унга горизонтал ўқ атрофида эркин айланадиган блок осилган. Блок орқали ўтказилган ип учларига 0,2 кг ва 0,3 кг массали юклар осилди. Блок ва ипни вазнсиз деб ҳисоблаб, динамометрнинг кўрсатишини аниқланг,  $g = 10 \text{ м/с}$ .
- Узунлиги  $l = 0,5 \text{ м}$  бўлган металл занжир учлари боғланган ва ёғоч диска ўрнатилган (27-расм). Диск 1 секундта 60 та айланади. Занжир массасы  $m = 40 \text{ г}$ . Занжирнинг таранглик кучини аниқланг.
- Қилич-балиқ хужум қилганда унинг тезлиги 140 км/соат гача етади. У ўзи бирор жароҳат олмай кема корпусини тешиб ўтиши мумкин. Унинг бошидаги қиличининг тагида жойлашган гидравлик амортизатор – мойга тўла кичик пулфакчалар зарбни енгиллаштиради. Агар массаси 10 кг бўлган балиқ қалинлиги 20 см кема корпусини 0,5 с вақтда тешиб ўтса, кема корпусининг қаршилик кучи қандай?



27-расм. 4-масала учун

### Ижодий топшириқ

Кучларнинг асосий характеристикалари ва ўзаро боғланишларини кўрсатиб, «Табиатдаги кучлар» мавзуусида кластер тузинг.

## 8§. Бутун олам тортишиш қонуни

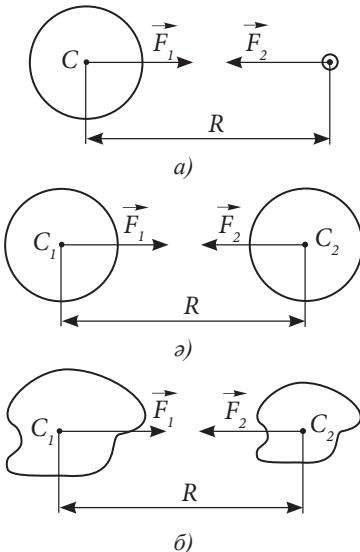
### Күтиладиган натижә:

Бу параграфни ўзлаштирганды:

- инерт өс гравитацион массаларнинг физик маъносини тушунтира оласиз;
- моддий нуктага кучланганини өс гравитацион майдон потенциалининг масофага график биликлигини тушунтира оласиз;
- масала ечишда бутун олам тортишиш қонунини кўллана оласиз.



**28-расм.** Бутун олам тортишиш кучлари бир тўғри чизиқ бўйлаб, қарама-қарши йўналishiда таъсири қилади



**29-расм.** Марказий бутун олам тортишиш кучлари,  $C_1, C_2$  – оғирлик маркази

### I Моддий нукталарга бутун олам тортишиш қонунини қўлланиши

1667 йили И.Ньютон бутун олам тортишиш қонунини таърифлади.

Массалари  $m_1$  ва  $m_2$  исталган икки моддий зарра бир-бирига уларнинг массалари кўпайтмасига тўғри пропорционал ва улар орасидаги  $R$  масофанинг квадратига тескари пропорционал куч билан тортишишиади:

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

бу ерда  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$  – гравитацион доимий.

Бутун олам тортишиш қонуни жисмлар орасидаги масофа билан солиштирганда ўлчамлари анча кичик бўлган жисмлар учун бажарилади, уни моддий нукталарга қўллаш керак (28-расм).

Массалари кичикроқ жисмлар учун тортишиш кучи жуда кам бўллади. У кўпинча шарсимон осмон жисмлари учун қўлланилади (29-расм).

Гравитацион ўзаро таъсири кучлари жисмларнинг оғирлик марказларини туташтирувчи тўғри чизиқ бўйлаб йўналади, у марказий куч ҳисобланади. Гравитация кучини ҳисоблаш учун жисмларнинг оғирлик марказлари орасидаги масофани аниқлаш керак.

### II Масса – гравитация ўлчови

Жисмларнинг ўзаро тортишиш ёки гравитацион ўзаро таъсири кучлари жисмларнинг массаларига боғлиқ, у бутун олам тортишиш қонунидан келиб чиқади. Демак, **масса** жисмларнинг гравитацион хоссаларининг ўлчовидир.

Тортишиш кучи таъсирида жисмларнинг характеристики қарасак, жисм инертигининг ўлчови бўлган масса Ньютоннинг иккинчи қонунидан кўринишича:

$$m_{un}a = \frac{GMm_{ep}}{R^2},$$

Ньютон қўйидаги холосага келди: гравитацион ва инерция массалари teng ва барча жисмлар массаларига боғлиқ бўлмаган ҳолда осмон жисмларининг

тортишиш майдонига бирдай  $a = g = \frac{GM}{R^2}$  – тезланиш билан қўлайди.

### III Гравитацион майдоннинг куч характеристикаси

9-синф курсидан гравитацион майдоннинг куч характеристикаси кучланганлик  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{m}$  экани мълум. У эркин тушиш тезланишига тенг.  $\vec{E}$  кучланганлик ва  $\vec{g}$  эркин тушиш тезланиши осмон жисми сиртида доимий катталик бўлиб қолади:

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

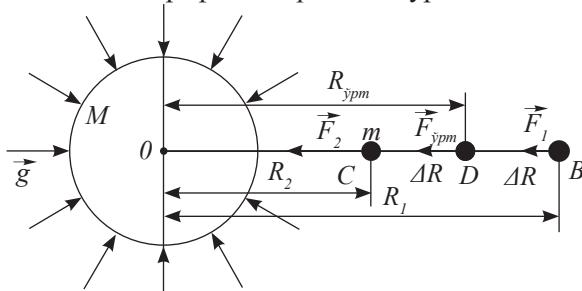
бу ерда  $M_a$  – осмон жисмининг массаси,  $R_a$  – осмон жисмининг радиуси.

Кучланганлик вектори Ер марказига йўналган ва унинг сиртига перпендикуляр. Ернинг эгрилигини ҳисобга олмаганда гравитацион майдон куч чизиқлари бир-бирига нисбатан параллел жойлашади. Бундай ҳолда майдонни *бир жинсли* дейилади.

Осмон жисмидан узоқлашганда гравитацион майдон заифлаша боради:

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

унинг куч чизиқлари сийраклашади. Ердан олисда эса унинг эгрилигини ҳисобга олмай бўлмайди. Ернинг гравитацион майдони *бир жинсли эмас*, куч чизиқлари параллел бўлмайди. Осмон жисмига яқинлашганда тортиниш кучи ортади  $\vec{F}_2 > \vec{F}_1$  (30-расм). Майдон кучланганлигининг (эркин тушиш тезланиши) масофага боғланиш графиги 31-расмда кўрсатилган.



30-расм. Бир жинсли эмас гравитацион майдоннинг куч чизиқлари

### IV Гравитацион майдоннинг энергетик характеристикалари

Майдоннинг энергетик характеристикаси потенциал деб аталади, у потенциал энергиянинг жисм массасига нисбати билан аниқланади:

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



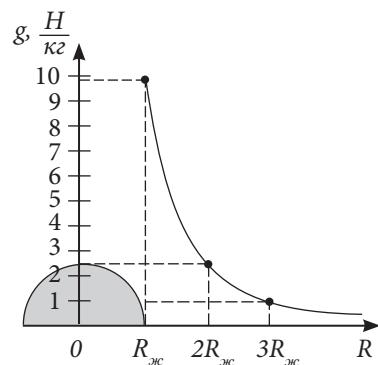
### Жавоби қандай?

Ҳажми катта жисмлар орасидағи тортиниш кучини аниқлағандан нима учун уларнинг оғирлик марказларининг ўринларини билиш лозим?



### 1-топшириқ

Бир жинсли гравитацион майдон куч чизиқларини дафтарда тасвирланг.



31-расм. Майдон кучланганлигининг масофага боғланиш графиги



### 2-топшириқ

Гравитацион майдон нүқталари потенциалининг осмон жисмигача масофага боғлиқлик формуласидан фойдаланиб, боғланиш графигини  $\varphi = \varphi(R)$  ясанг.

Бир жинсли гравитацион майдонда жисмнинг потенциал энергияси формуласи  $W_p = mgh$  Демак, Ер яқинидаги гравитацион майдон нуқталарининг потенциали жисмнинг Ер сиртидан кўтарилиш баландлиги билан аниқланади:

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

бу ерда  $h$  – эркин танлаб олинган ноль потенциалли сатҳга нисбатан майдон нуқтасининг баландлиги.

Бир жинслимас майдоннинг потенциали икки ўзгарувчан катталикка: кучланганлик ва осмон жисмидан фазо нуқтасигача бўлган масофага боғлик  $R = R_a + h$ . (3) ва (5) формулалар асосида текширилаётган фазо нуқтасигача  $R$  масофа асосида, куйидагини оламиз:

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

Осмон жисмининг тортишиш кучини енгиг чиқиш учун энергия сарфлаш кераклигидан, гравитацион майдоннинг барча нуқталарини манфий потенциалли нуқталар деб қабуллаш келишилган.

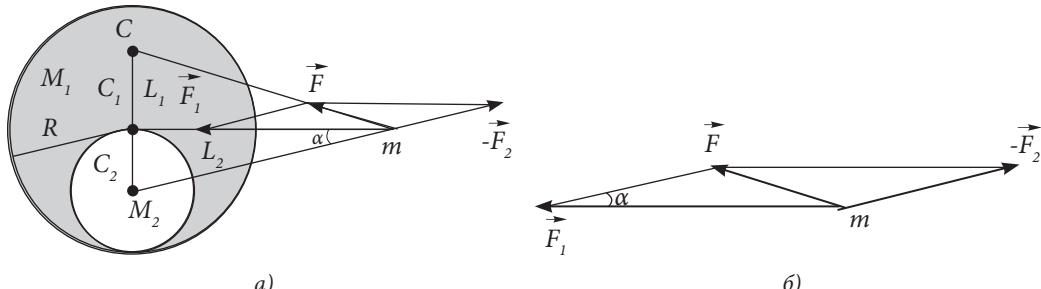
Бир-биридан чексиз масофага узоқлаштирилган жисмларнинг ўзаро таъсирлашиш энергияси нолга teng. Осмон жисмининг гравитацион майдонининг қандайдир бир нуқтасининг потенциали – бу унинг фазонинг шу нуқтасига киритилган бирлик масали жисм билан ўзаро таъсирлашувининг потенциал энергияси. Шу сабабли, фазонинг осмон жисмидан чексиз олис масофага узоқлаштирилган нуқтасининг потенциалини нолга teng деб олиш қабулланган. Осмон жисмига яқинлашган кичик космик жисм гравитация майдонига, «потенциал ўрага» тушади. Кичик космик жисм осмон жисмининг устига тушади.

Бир жинслимас гравитацион майдон фазосининг қандайдир бир нуқтасида жисмнинг потенциал энергияси:

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

### V Ичидаги бўшлиқ бор жисмлар учун бутун олам тортишиш қонунини қўллаш

Бирининг ичидаги бўшлиғи бор жисмларнинг ўзаро таъсирлашиш кучини аниқлаш учун (32 a) расм) манфий массалар усулидан фойдаланилади. Агар жисмнинг яхлит хажмида зичлик бирдай бўлса, у ҳолда бу усулни қўллаш мумкин:



32-расм. Бўшлиғи бор жисмнинг тортишиш кучини аниқлаша манфий массалар усулидан фойдаланиши



### Жавоби қандай?

- Нима учун жисм Ерга яқинлашаётганда тортишиш кучининг иши мусбат, Ердан узоқлашаётганда эса манфий бўлади?
- Нега гравитацион майдон потенциалини ҳисоблаш формуласи манфий ишорали?
- Тортишиш кучининг ишини ҳисоблаш натижаси нега ноль потенциалли нуқталарнинг танланishiга боғлик эмас?

- Бутун олам тортишиш қонунидан фойдаланиб, икки жисмни яхлит бутун деб олиб, уларнинг ўзаро таъсир кучини аниқлаймиз:

$$F_1 = \frac{GM_1 m}{L_1^2},$$

бу ерда,  $M_1$  – унинг ичидаги бўшлиқни ҳисобга олмагандаги жисм массаси:

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

$L_1$  – массаси  $m$  жисм ва радиуси  $R$  шарнинг оғирлик маркази орасидаги масофа.

- Бўшлиқни жисмни ташкил қилган модда билан хаёлан тўлдириб, унинг массаси  $m$  жисм билан ўзаро таъсир кучини аниқлайди:

$$F_2 = \frac{GM_2 m}{L_2^2},$$

бу ерда,  $M_2$  – радиуси  $r$  бўшлиқни тўлдирадиган модда  $M_2 = \rho \frac{4}{3} \pi r^3$ ,  $L_2$  – массаси  $m$  жисм ва бўшлиқни тўлдирадиган модданинг оғирлик маркази орасидаги масофа.

- $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  векторларнинг айирмасини топамиз:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 - \vec{F}_2$$

Қаралаётган ҳолда натижавий кучнинг модули косинустар теоремаси бўйича аниқланади (32 б) расм):

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos \alpha}.$$

### Назорат саволлари:

- Бутун олам тортишиш қонунини таърифланг.
- Тортишиш кучи қандай нуқтага туширилган?
- Жисмнинг инерция ва гравитацион массалари ўзаро қандай боғланишган?
- Осмон жисмларининг гравитацион майдонини қандай катталиклар характеристлайди?
- Бир жинсли майдоннинг бир жинслимас майдондан фарқи қандай?



Машқ

8

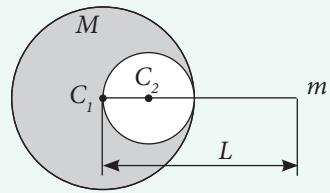
- Марс сиртидан қандай масофада массаси 1000 кг «Маринер-9» планеталарро станциясининг ўзаро таъсирилашиш кучининг қиймати 1,78 кН бўлади? Марснинг массаси  $6,4 \cdot 10^{23}$  кг, радиуси 3400 км.
- Массаси 33 т ракета массаси 410 т халқаро космик станцияга яқинлашади. Уларнинг массалар марказлари орасидаги масофа 100 м бўлганда тортишиш кучини аниқланг.
- Ер ва Ойнинг марказлари орасидаги ўргача масофа тахминан 60 Ер радиусига teng, Ойнинг массаси Ер массасидан 81 марта кичик. Ер ва Ойга бирдай куч билан тортилиши учун жисмни уларнинг марказларини туташтирувчи тўғри чизиқнинг қандай нуқтасига жойлаштириш керак?



Жавоби қандай?

Манфий массалар усули нима сабабдан фақат бир жинсли жисмлар учун қўлланилади?

- Ичида радиуси  $R/2$  сферик бўшлиқ жойлашган бир жинсли шар билан массаси  $m$  кичик шар орасидаги тортишиш кучини аниқланг (33-расм). Бир жинсли шарнинг радиуси  $R$ , массаси  $M$ , оғирлик марказлари орасидаги масофа  $L$ .
- Байқонир космодромидан 1959 йилнинг 12 сентяброда «Восток-Л» ракетаси учирилди. У Ернинг табиий йўлдоши Ой атрофида учиш траекториясига автоматик планеталароро станция (АПС) «Луна-2» ни олиб чиқди. У эртасига инсоният тарихида биринчи марта Ойнинг сиртига кўнди (34-расм). Планета сиртидан  $R_{\text{еп}}, 2R_{\text{еп}}, 3R_{\text{еп}}$  масофага узоқлашганда АПС-га таъсир этувчи Ернинг тортишиш кучи қанча марта камаяди?
- Ернинг геостационар орбитасидаги гравитацион майдоннинг потенциалини аниқланг. Массаси 1,3 тонна KazSat-2 алоқа космик аппарати (35-расм) қандай потенциал энергияга эга? Ер сиртидан орбитагача масофа 36000 км. Ернинг массаси  $6 \cdot 10^{24}$  кг, радиуси 6400 км.
- Ернинг сунъий йўлдоши Ернинг атрофида унинг сиртидан  $H$  масофада ҳаракатланади. Ернинг радиуси  $R_{\text{еп}} \gg H$ . Сунъий йўлдошнинг айланиш даврини аниқланг. Орбитани айлана деб ҳисобланг.



33-расм. 4-масала учун



34-расм. 5-масала учун



35-расм. KazSat-2

### Ижодий топшириқ

Қуёш ва Қуёш системаси планеталари орасидаги тортишиш кучини аниқланг. Олинган натижаларни таҳлил қилинг.

## 9§. Абсолют қаттиқ жисмнинг инерция моменти

### Кутиладиган натижасы:

Бу параграфни ўзлаштирғанда:

- Моддий жисмларнинг инерция моментларини ҳисоблаш учун Штейнер теоремасидан фойдаланиши ўрганасиз.



36-расм. Ўз ўқи атрофида айланувчи абсолют қаттиқ жисм

### I Абсолют қаттиқ жисм

Исталган кучларнинг таъсирига қарамасдан, жисм қисмлари орасидаги масофа доимий ўзгармай қолса, унда бундай жисмни абсолют қаттиқ жисм деб аталади.

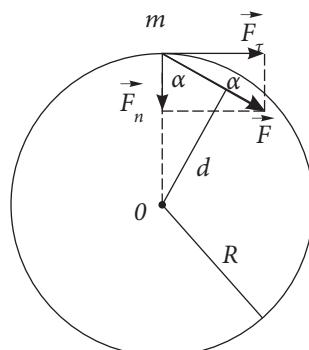
Қуёш системаси планеталарини уларнинг айланма ҳаракатини характерловчи катталикларни тахминий олганда, уларни абсолют қаттиқ жисм деб олишга бўлади (36-расм).

Абсолют қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракатини умумий ва унинг ҳар бир нуқтаси учун алоҳида кинематик бурчак катталиклар: бурчак тезланиш, бурчак тезлик, бурчак кўчиш, шунингдек, динамик катталиклар: куч моменти, инерция моменти ва импульс моменти характерлайди.

### II Моддий нуқтанинг инерция моменти.

### Айланма ҳаракат учун Ньютоннинг II қонуни

Айланма ҳаракатланувчи моддий нуқтанинг инерция хоссалари фақат массага эмас, балки айланниш радиусига ҳам боғлиқ (37-расм).



37-расм. Айланадиган жисмнинг инерция хоссалари масса ва айланниш радиусига боғлиқ

Шуни исботлаймиз.  $\vec{F}$  кучнинг таъсирида айланаб бўйлаб ҳаракатланувчи массаси  $m$  нуқта учун Ньютоннинг II қонунини ёзайлик, тангенциал тезланиш  $F_\tau$  ташкил этувчининг траекториясига уримма ҳосил қиласди:

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

Тангенциал тезланиш бурчак тезланиш  $\varepsilon$  билан ушбу формула орқали боғланган:

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

### Эса туширинг!

Куч моменти – кучни унинг елкасига кўпайтмасига teng катталик:

$$M = F \cdot d$$

Куч елкаси – айланниш нуқтасидан (таянч нуқтаси) кучнинг таъсири чизигигача энг қисқа масофа.

(2) орқали (1) тенгламани ёзганда у қуидаги күринишга эга бўлади:

$$m\epsilon R = F_r. \quad (3)$$

(3) тенгламанинг икки томонини қаралаётган нуқта ҳаракати радиусига кўпайтирамиз:

$$m\epsilon R^2 = M, \quad (4)$$

бу ерда  $M$  – куч моменти.

Куч моментининг ўлчов бирлиги  $[M] = 1 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$mR^2$  – инерция моменти

**Массанинг жисм ҳаракатланаётган айланада радиусининг квадратига кўпайтмасига тенг катталик инерция моменти деб аталади.**

$$I = mR^2.$$

$I$  – инерция моментини белгиланиши, унинг ўлчов бирлиги:  $[I] = 1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

(5) ифодани (4) га кўйиб, айланма ҳаракат учун Ньютоннинг иккинчи қонунини оламиз:

$$M = I\epsilon.$$

### 1-топшириқ

Айланада радиусининг қараладиган нуқтасига таъсир этувчи куч елкасини радиус бўлишини исботланг:

$$d = R$$

### Жавоби қандай?

Қисқа илдаги жисмга қаралада узун илдаги жисмни ҳаракатлантириши нега қийинроқ?

Ўз тахминингизни тажриба орқали текшириб, тўғрилигига ишонч ҳосил қилинг. Турли узунликдаги ипларга осилган кичкина шарни горизонтал текисликда айлантиринг.

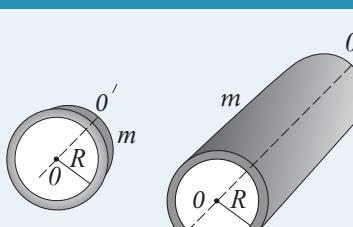
## III Абсолют қаттиқ жисмнинг инерция моменти

Қаттиқ жисмнинг инерция моменти шу жисмни ташкил қилган моддий нуқталарнинг инерция моментларининг йигиндисига тенг:

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

Айланадиган жисмларнинг инертлик хоссалари факат массагагина эмас, шунингдек унинг жисм ҳажми бўйича таралишига, айланадиган бир қатор геометрик фигуralар учун инерция моментини ҳисоблаш формулалари 7-жадвалда берилган.

**7-жадвал.** Массалар маркази атрофида айланадиган жисмларнинг инерция моментлари

Жисм шакли	Инерция моментини ҳисоблаш формуласи
Ингичка ҳалқа, ингичка цилиндр	 $I = mR^2$

Жисм шакли		Инерция моментини ҳисоблаш формуласи
Яхлит диск, яхлит цилиндр		$I = \frac{mR^2}{2}$
Яхлит шар		$I = \frac{2}{5}mR^2$
Ингичка стержен		$I = \frac{1}{12}ml^2 = \frac{1}{3}mR^2$

### 2-төпшириқ

7-жадвал формулаларидан фойдаланиб, массалари бирдай, шакли турлича жисмларниң инерция моментларини солиштиринг. Нима учун массалари бирдай бўлганда ичи бўш цилиндрнинг инерция моменти яхлит цилиндрнинг инерция моментидан катта бўлишини, ҳалқанинг инерция моменти дискнинг инерция моментидан катта бўлишини тушуниринг.

## IV Штейнер теоремаси

Агар жисм учун массалар маркази орқали ўтадиган ўққа нисбатан инерция моменти маълум бўлса, унда марказий ўққа параллел исталган ўққа нисбатан инерция моментини швейцариялик олим математик Штейнер формуласи бўйича топишга бўлади:

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

бу ерда  $d$  – массалар марказидан айланиш ўқигача масофа. Стерженнинг айланиш ўқини дастлабки ўрнидан  $d = \frac{1}{4}l$  масофага силжитайлик, унда:

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



### Жавоби қандай?

1. Жисмнинг масса маркази орқали ўтган ўққа нисбатан инерция моменти шу йўналишдаги ўқларга жисмнинг барча инерция моментлари ичидаги энг кичиги бўлади деб айтиш мумкинми?
2. Айланиш ўқи массалар марказига нисбатан ўрнидан силжиганда нега стерженнинг инерция моменти ортади?

## V Айланадиган жисмнинг энергияси

ω бурчак тезлик билан айланадиган абсолют қаттиқ жисмнинг кинетик энергиясини аниқлайлик:

$$W_{\text{аүн}} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i R_i \omega^2}{2},$$

Жисмни ташкил қылган барча нүкталарнинг инерция моментларининг йигиндиси:

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

Шу каби, айланың бүйлаб ҳаракатланаётган моддий нүктанинг энергиясини қўйидаги формула билан аниқлаймиз:

$$W_{\text{аүн}} = \frac{I \omega^2}{2}.$$

Илгариланма ҳаракат билан бирга айланма ҳаракат ҳам қилаётган жисмнинг кинетик энергияси қўйидагига тенг:

$$W = W_k + W_{\text{аүн}} = \frac{m v^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2}.$$

Масалан, чиғир ёки ғилдиракни айлантирганда тўла энергия:

$$W = W_k + W_{\text{аүн}} = \frac{m v^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{m R^2 v^2}{2R^2} = m v^2.$$

Олинган қиммат шундай массали жисмнинг кинетик энергиясидан икки марта ортиқ.

### 3-тотшириқ

Ўзининг учи атрофида айланувчи ўзакнинг инерция моментини аниқланг. Инерция моменти массалар маркази атрофида айланадиган ўзакнинг инерция моменти билан солиштирғандада неча марта ортти?

### 4-тотшириқ

Абсолют қаттиқ жисмнинг инерция хоссаларидан фойдаланишга мисоллар келтиринг.



38-расм. «Сариарқа» велотрекида ўтган мусобақалар



39-расм. Спортчининг дискни улоқтиргунча айланиси

## Жавоби қандай?

- Спортчиларнинг велосипедларининг оддий ғилдираклари ўрнига нега дисклар ўрнатилади (38-расм)?
- Абсолют қаттиқ жисмларнинг барча нүкталари учун айланма ҳаракатининг кинетик энергиясини ҳисоблаганде нега бурчак тезликнинг бир қимматигина фойдаланилади?
- Абсолют қаттиқ жисмнинг қандай нүкталари бир хил чизиқли тезликда ҳаракатланади?

## Жавоби қандай?

- Волейбол ўйинчиси тўпни берганда нега илгариланма ҳаракат билан бирга айланма ҳаракатни ҳам кўшади?
- Нега диск улоқтирувчи уни отишдан олдин айланма ҳаракат қиласи? (39-расм)?

## Назорат саволлари:

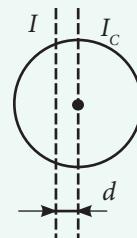
1. Қандай жисмни абсолют қаттиқ жисм деб аталади?
2. Жисмнинг айланма ҳаракатини тавсифловчи катталикларни айтинг.
3. Қандай катталикин куч моменти деб аталади? Инерция моменти деб-чи?
4. Штейнер теоремасининг маъноси нимада?
5. Айланма ҳаракатнинг энергияси ва инерция моменти ўзаро қандай боғланган?



## Машқ

9

1. Тезлиги нолдан 1,4 м/с гача ўзгарганда радиуси 10 см бўлган айлана бўйлаб айланувчи, массаси 200 г жисм учун инерция моменти нимага тенг? Бурчак тезликнинг ўргача қийматини аниқланг.
2. Йўлнинг радиуси 20 м айланма қисмида массаси 2 т автомашинани тезла-нишли ҳаракатга келтирувчи куч моментини аниқланг. Автомашинанинг бурчак тезлиги 0,05 рад/с.
3. Ойнинг ўз ўқи атрофида айланиш энергиясини ҳисобга олмай, унинг инерция моменти ва кинетик энергиясини аниқланг. Орбитанинг радиуси 384000 км, Ойнинг массаси  $7 \cdot 10^{22}$  кг, Ерни айланиш даврини 27,3 сутка деб олинг.
4. Горизонтал текисликда массаси 2 кг диск сирпанмай 4 м/с тезлик билан айланиб боряпти, унинг кинетик энергиясини аниқланг.
5. Массаси 4,08 кг яхлит пўлат шарнинг массалар маркази орқали ўтадиган ўқ бўйлаб айланиш пайти-даги инерция моментини аниқланг (40-расм). Агар шар ўқ бўйлаб 2 см параллел силжиса, инерция моменти нимага тенг бўлади? Пўлатнинг зичлиги 7800 кг/м<sup>3</sup>.



40-расм. 5-масала  
учун

## Экспериментал топшириқ

Ғилдиракларнинг радиуси турлича бўлган икки велосипеднинг тормозланиши йўлини солиштиринг. Қайси ғилдиракнинг инерцияси кўпроқ бўлади?

## Ижодий топшириқ

«Маховикдан фойдаланиш тарихидан» деган мавзуда доклад тайёрланг.

## 10§. Импульс моменти. Импульс моментининг сақланиш қонуни ва унинг фазо хусусиятларига боғлиқлиги. Айланма ҳаракат динамикасининг асосий тенгламаси

### Кутіладиган натижә:

Бу параграфни ўзлаштиргандай:

- масала ечишда айланма ҳаракат динамикаси-нинг асосий тенгламасини турли күренишда қўллай оласиз;
- илгариланма ва айланма ҳаракатни характер-ловчи физик катталиктарни мослаштира оласиз.

### I Моддий нүктанинг айланма ҳаракати учун Ньютоннинг иккинчи қонуни. Инерция моменти ва импульс моментининг ўзаро боғланиши

Ньютоннинг иккинчи қонунини импульс кўринишда ёзайлик:

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

Тенгламанинг икки томонини айланда радиусига кўпайтириб, куйидагини оламиз:

$$\vec{F}_R = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t} R \text{ ёки } M = \frac{\Delta m v R}{\Delta t}. \quad (2)$$

$m v R$  ифода импульс моменти  $L$  деб аталади:

$$L = m v R. \quad (3)$$

### Топшириқ

Массаси 200 г жисм айланниши частотаси 2 Гц бўлса, инерция моменти ва импульс моментининг айланниш радиусига боғлиқлик графигини бир координата текислигига ясанг. Инерция моменти ва импульс моменти айланниш радиусига қандай боғлиқ?

**Жисм ҳаракатланадиган айланда радиусини жисм импульсига кўпайтмасига тенг катталиқ импульс моменти деб аталади.**

Импульс кўринишда ёзилган иккинчи қонун (2) куйидаги шаклга келади:

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

Импульс кўринишда ёзилган иккинчи қонун (2) куйидаги шаклга келади  $v = \omega R$  фойдаланамиз, (3) формуладан:

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

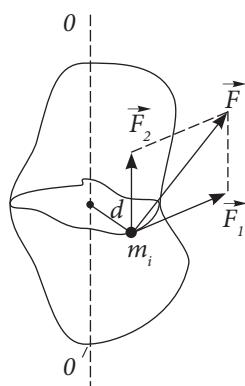
ёки

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

импульс моменти инерция моментига тўғри пропорционал экани келиб чиқади.

### II Айланадиган абсолют қаттиқ жисм учун Ньютоннинг иккинчи қонуни ёки айланма ҳаракат учун динамикасининг асосий тенгламаси

Айланадиган абсолют қаттиқ жисмни массаси  $m$  ва  $00'$  ўқ атрофида айланадиган моддий нуктларнинг тўплами сифатида қараш мумкин (41-расм).



41-расм. 00' ўқни айланадиган абсолют қаттиқ жисм

Абсолют қаттиқ жисмнинг барча нуқталарининг бурчак тезлеклари ва тезланишлари бирдай. Қара-лаётган ҳол учун Ньютоннинг иккинчи қонунини ёзайлик:

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

Формуланинг иккинчи қисми жисмга қўйилган ташқи кучларнинг моментлари йигиндисини беради:

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

(5) тенгламанинг ўнг томонидаги нуқталарнинг инерция моменти йигиндисини  $\sum_{i=1}^n I_i$  жисмнинг инерция моментига  $I$  алмаштирайлик.

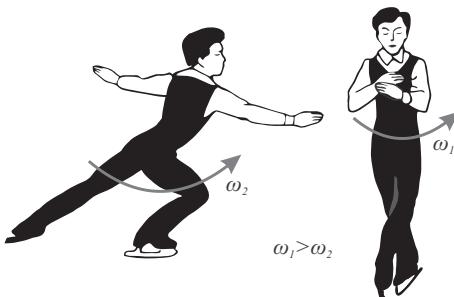
(6) тенгламани эътиборга олсак, айлананувчи абсолют қаттиқ жисм учун Ньютоннинг иккинчи қонуни қуидагича бўлади:

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

Абсолют қаттиқ жисмнинг айланма харакати учун Ньютоннинг иккинчи қонунини таърифлайлик:

## 2 Жавоби қандай?

*Нега фигурали учишда спортчи қўлларини баданига қисқан вақтда унинг айланниш тезлиги ортади?  
(42-расм)*



42-расм. Айланниш техникаси

**Жисмга қўйилган ташқи кучларнинг моментларининг йигиндиси жисмнинг инерция моментининг бурчак тезланишга кўпайтмасига teng.**



## Жавоби қандай?

1. Ўз ўқи атрофида айланадиган ҳажми катта жисм учун Ньютоннинг II қонуни нега бурчак катталиклар орқали ёзилади?
2. Абсолют қаттиқ жисмга  $F_2$  кучнинг ташкил этувчиси қандай таъсир қиласди (41-расм)?



## Бу қизик!

Ер юзида сув пайдо бўлмасдан олдин сутка узоқлиги 56 соат бўлган. Ойнинг тортиш кучи таъсирида океанларда юзага келадиган сув кўтарилишлари бизнинг планетамизнинг суткалик айланинини секинлаштиради.

### III Импульс моментининг сақланиш қонуни

Жисмга моддий нүкталар системаси каби ташки кучлар таъсир этмаса, жисмни берк система деб олиши мумкин, бу ҳолда унга таъсир этувчи куч моментларининг йигиндиси  $M$  нолга teng. Айланадиган жисм учун Ньютоннинг иккинчи қонунини импульс кўринишда ёзайлик:

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

(7) тенгламадан импульс моменти – доимий катталик эканлиги, импульс моментининг ўзгариши нолга teng эканлиги чиқади  $\Delta L = 0$ :

$$L = I_0\omega = \text{const}. \quad (8)$$

ёки

$$I_1\omega = I_2\omega \quad (9)$$

Олинган (8) ва (9) тенгламалар импульс моментининг сақланиш қонунини беради.

**Берк системада айланувчи жисмларнинг импульс моменти ўзгармас катталик бўлиб қолади.**

*Импульснинг сақланиши қонуни бизни ўраб олган фазонинг изотроплиги ва бир жинслилигининг натижасидир.*

Бир жинслилик фазонинг ҳар бир нүктасида табиат қонулари бир хил бажарилишини, оларнинг бирдай кўринишда эканини билдиради. Фазонинг изотроплиги унинг хоссалари йўналишга боғлиқ эмаслигини билдиради. Қаттиқ жисм қайси йўналишда айланса ҳам, унинг импульс моменти фақат инерция моменти ва бурчак тезлик орқали аниқланади. Жисмнинг деформацияланиши натижасида инерция моментининг ўзгариши бурчак тезликнинг ўзгаришига олиб келади. Бироқ, импульс моменти доимий катталик бўлиб қолади.

### IV Гироксп

Айланадиган жисмларнинг гирокспик эфектининг маъноси – фазода жисмларнинг айланниш ўқларининг йўналишининг сақланишидир. Бу – материянинг инертлик хоссаларининг бир кўриниши.

Гирокспик эфектдан транспортларда фазода йўналиш олиш учун фойдаланилади. Асосий элементи тез айланадиган ротор бўлган навигацион асбоб гироксп деб аталади (43-расм). Maxsus тутқичларда ўрнатилган гироксп (грекча gуgeo – айланаман ва skopeo – кузатаман сўзларидан олинган) роторининг уч эркинлик даражаси бўлади.

Агар бундай қурилмага ташки кучлар таъсир этса, унда роторнинг ўз ўқи атрофифда айланниши фазода доимий йўналишини сақлайди, сабаби тутқичлар унинг айланниш ўқига деярли таъсир этмайди.

Кўёш системасининг планеталары гигант гироксплар ҳисобланади. Ер ва Кўёш системасининг бошқа планеталарининг айланниш ўқи минглаган йиллар давомида фазодаги ўз йўналишини сақлаб келмоқда.

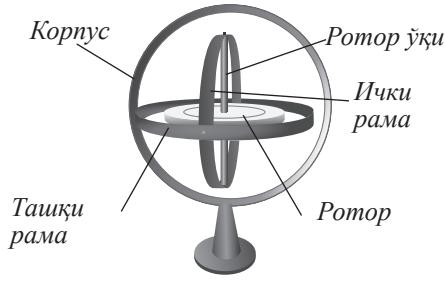
### Эътибор беринг!

Айланма ҳаракат вақтида ички кучларнинг иши системанинг айланниш тезлиги ва энергиянинг ўзгаришига олиб келади, бундай ўзгариши жисмнинг илгарилмана ҳаракати вақтида мумкин эмас.

Агар системанинг жисмлари ёки бир жисм қисмлари айланниш ўқига якинлашса, унда системанинг кинетик энергияси ортади. Бу ҳолда ички кучлар жисмларни айланниш марказидан узокластишга ҳаракат қилувчи марказдан қочма кучларга қарши мусбат иш бажаради. Жисмлар айланниш марказидан узоклашганда системанинг энергияси камаяди, айланниш тезлиги пасаяди.



a)



б)

43-расм. Гирокоп түзилиши

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАСИ

*1-масала.* Массаси  $m$  ва радиуси  $R$  яхлит диск шаклидаги блокка ип ўралган, бу иппинг учига массаси  $m_0$  юк осилган.  $m_0$  юк ҳаракатининг чизиқли тезланишини топинг. Ўқда ишқаланиш йўқ ва ип вазнсиз деб олинади.

**Берилган:**  
 $m, R, m_0$

$a - ?$

**Ечиш:** Масала шартига кўра массаси  $m_0$  юк  $a$  тезланиш билан илгариланма ҳаракат, массаси  $m$  блок  $\epsilon$  бурчак тезланиш билан айланма ҳаракат қиласди (*расмни қаранг*).

Векторларнинг йўналишларини хисобга олиб, айтилган жисмлар учун Ньютооннинг иккинчи қонунини ёзамиш:

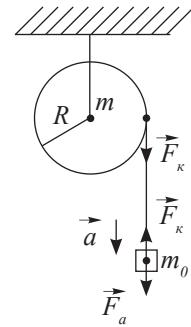
$$m_0 g - F_k = m_0 a \quad (1)$$

$$F_k R = I \epsilon \quad (2)$$

Тангенциал тезланишнинг  $a = \epsilon R$  бурчак тезлик билан боғланишидан қўйидагини оламиш:

$$m_0 g - F_k = m_0 a$$

$$F_k R = I \frac{a}{R}.$$



(2) тенгламадан  $F_k = I \frac{a}{R^2}$  таранглик кучини ифодалаб, (1) тенгламага қўямиз  $m_0 g - I \frac{a}{R^2} = m_0 a$ , шунда юкнинг тезланишини хисоблаш формуласини оламиш:  $a = \frac{m_0 g}{I/R^2 + m_0}$ .

Блок яхлит диск каби бўлганидан унинг инерция моменти

$$I = \frac{m R^2}{2} \text{ га тенг, демак: } a = \frac{2m_0}{m + 2m_0} g.$$

**Жавоби:**  $a = \frac{2m_0}{m + 2m_0} g$

## Назорат саволлари:

1. Қандай катталиктин импульс моменти деб аталади?
2. Айланадиган абсолют қаттиқ жисм учун Ньютоннинг иккинчи қонунини таърифланг.
3. Импульс моментининг сақланиш қонунининг маъноси қандай? У қайси ҳолларда бажарилади?
4. Гирокоп нима? У қаерларда ишлатилади?

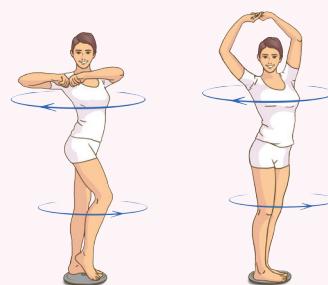
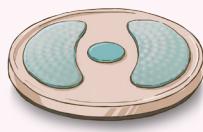
★ **Машқ**

**10**

1. Горизонтал текисликда радиуси  $2\text{ м}$  бўлган айлана бўйлаб  $2\pi$  рад/с бурчак тезлиқда айланадиган массаси  $0,1\text{ кг}$  жисмнинг импульс моментини аниқланг.
2. Горизонтал текисликда радиуси  $2\text{ м}$  бўлган айлана бўйлаб  $2\pi$  рад/с бурчак тезлиқда айланадиган массаси  $0,1\text{ кг}$  жисмнинг импульс моментини бир айланишда икки марта ортирадиган куч моментини аниқланг.
3. Жисм айлана бўйлаб  $\phi = 30^\circ$  кўчганда  $3,14\text{ Дж}$  иш бажарадиган куч моментини аниқланг.
4. Массалари  $0,2\text{ кг}$  ва  $0,1\text{ кг}$  бўлган икки тарози тоши ип билан боғланган ва блок орқали ошириб ташланган. Тошларнинг тезланишларини, ипнинг таранглигини аниқланг. Блокни яхлит диск деб олинг. Ишқаланиш эътиборга олинмайди.
5. Массаси  $9\text{ кг}$  бўлган барабанга арқон ўралган, унинг учига массаси  $2\text{ кг}$  бўлган юқ боғланган. Юкнинг харакат тезланишини аниқланг. Барабани яхлит цилиндр деб олинг, ишқаланишни эътиборга олманг.

## Экспериментал топшириқ

Саломатлик учун айланиш дискидан фойдаланиб, импульс моментининг сақталаниш қонунини бажарилишини текширинг (44-расм).



**44-расм.** Саломатлик диски

## **Ижодий топшириқ**

1. Илгариланма ва айланма ҳаракат тенгламаларининг ўхшашлик жадвалини тузинг.
2. «Гироскопларнинг кемалар ҳаракатида, авиаация ва космос соҳасида ишлатилиши» мавзусида ахборот тайёрланг.

## 2-бобнинг хуносаси

Ньютооннинг I қонуни	Ньютооннинг II қонуни	Ньютооннинг III қонуни
$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$ $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$ $a = 0, v = const$	Илгариланма ҳаракат учун $\vec{F} = m\vec{a}; \quad \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ Айланма ҳаракат учун $M = I\varepsilon; \quad M = \frac{\Delta L}{\Delta t}$	$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$
<b>Бутун олам тортишиш қонуни</b>		
Бир-биридан бирор масофада жойлашган жисмлар учун $F = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$	Бошқа жисмнинг сиртида жойлашган жисм учун $F = mg$	Бошқа жисмнинг ичидаги жойлашган жисм учун $F = \frac{4}{3}\pi G\rho m R$

### Динамика қонунлари:

#### Ньютооннинг I қонуни:

Агар жисмга кучлар таъсир этмаса ёки қучларнинг таъсири мувозанатлашган бўлса, унда жисм тинчлик ҳолатини сақладиган ёки тўғри чизиқли ва текис ҳаракатланадиган инерциял саноқ системалари бор.

#### Ньютооннинг II қонуни:

Тезланиши билан ҳаракатланадиган жисмнинг тезланиши унга қўйилган кучларнинг тенг таъсир этувчисига тўғри пропорционал, унинг массасига эса тескари пропорционал.

#### Абсолют қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракати учун Ньютооннинг II қонуни:

Жисмга қўйилган ташқи кучлар моментларининг йиғиндиси жисмнинг инерция моментини бурчак тезланишига қўпайтмасига тенг.

#### Ньютооннинг III қонуни:

Жисмлар модуллари бўйича тенг, йўналиши бўйича қарама-карши кучлар билан ўзаро таъсирилашади. Булар табиати бўйича бирдай кучлар бўлиб, турли жисмларга қўйилади ва бир тўғри чизиқ бўйлаб таъсир этади.

#### Импульс моментининг сақланиш қонуни:

Берк системада айланадиган жисмларнинг импульс моменти доимий катталик бўлиб қолади.

### Глоссарий

**Абсолют қаттиқ жисм** – бошқа жисмлар билан ўзаро таъсирида деформациясини ҳисобга олмаса бўладиган жисм.

**Динамика** – жисмларнинг кучлар таъсирида ҳаракатланишини ўрганадиган механика бўлими.

**Импульс моменти** – жисм ҳаракатланаётган айланадиган радиусини жисм импульсига қўпайтмасига тенг катталик.

**Инерция моменти** – массани жисмнинг ҳаракатланаётган айланадиган радиусининг квадратига қўпайтмасига тенг катталик.

**Куч моменти** – кучни унинг елкасига қўпайтмасига тенг катталик.

**Ички кучлар** – берк системанинг жисмлари орасидаги ўзаро таъсири этувчи кучлар.

**Инерция кучи** – жисм массасини саноқ системасининг тезланишига қўпайтмасига тенг катталик. У жисмга қўйилади ва системанинг тезланишига қарама-карши йўналади.

**З-БОБ**

# СТАТИКА

Статика (грекча *στατός* – мувозанат ҳақидаги фан сўзидан олинган) – моддий жисмларнинг куч таъсир этган ҳолдаги мувозанат шартларини ўрганадиган механика бўлими.

**Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:**

- абсолют қаттиқ жисм ва моддий жисмлар системасининг массалар марказини топишни;
- мувозанат турларини тушунтирганда сабаб-оқибат боғланишини ўрнатишни;
- Тажрибада куч катталикларини аниқлашни куч ва кучларни қўшиш қонунини экспериментал усуlda текширишни ўрганасиз.

## 11§. Массалар маркази

### Күтиладиган натыжа:

Бу параграфни ўзлаштиргандай:

- абсолют қаттық жисм ва моддий жисмлар системасининг массалар марказини топа оласиз.

### I Жисмнинг массалар маркази мен оғирлик маркази

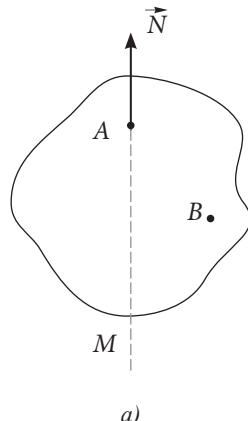
Сизларга массалар маркази ва оғирлик маркази тушунчалари 7-сinf физика курсидан маълум.

**Оғирлик маркази деб исталган ҳолда жисмга таъсир этувчи оғирлик кучининг қўйилиш нуқтасига айтилади.**

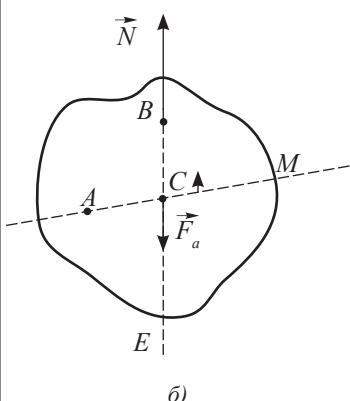
**Массалар маркази – жисмни илгариланма ҳаракатга келтирувчи кучларнинг таъсир чизиқларининг кесишиш нуқтаси.**

#### 1-топшириқ

45-расм бўйича жисмнинг оғирлик марказини топиш усулини тушунтиринг.



a)



б)

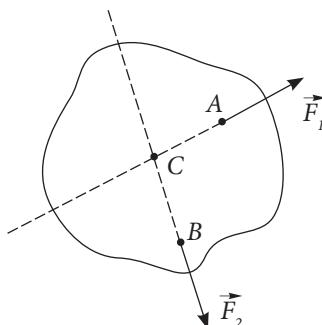
**45-расм.** Вертикаль чизиқ бўйича жисмнинг оғирлик марказини топиш

Оғирлик маркази Ернинг сиртидаги барча ўзаро таъсирларда массалар маркази билан мос келади, сабаби барча жисмларнинг ўлчовлари Ернинг ўлчовларига қараганда анча кичик бўлади.

Оғирлик кучининг таъсирида жисм илгариланма ҳаракатланади, жисмнинг барча нуқталари эса бирдай кўчади.

#### Ўз тажрибанг

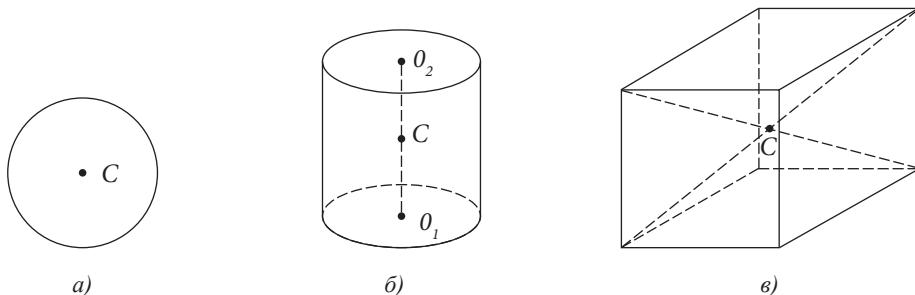
- Қаралган усулига асосан нотўри шаклли жисмнинг оғирлик марказини аниқланг.
- Тажриба қўйилишини ўзгартириб (46-расм), шу модданинг массалар марказини аниқланг.
- Жисмнинг массалар марказини топиш тажрибасини қўйилишида нимани ўзгартириш керак бўлди?
- Нега массалар маркази оғирлик маркази билан мос келади?



**46-расм.** Жисмнинг массалар марказини аниқлаш

Мунтазам шаклли жисмнинг оғирлик маркази унинг симметрия маркази билан мос тушишини эслайлик. Шар, ҳалқа, диск учун бу – уларнинг геометрик маркази (*47 а) расм*), цилиндр ва құвур учун ўқларининг ўртаси (*47 б) расм*) бўлади. Куб, тўғри бурчакли параллелепипед учун симметрия маркази – диагоналларининг кесишиш нүктаси (*47 б) расм*).

Жисмнинг бир неча кучнинг таъсиридаги ҳаракатини ўрганиб, биз уларни жисмнинг барча массаси йиғилган моддий нүктага алмаштирилди, бу нүкта *массалар маркази* бўлиб ҳисобланади.



**47-расм.** Мунтазам фигуруларнинг массалар маркази оларнинг геометрик марказида жойлашиади

## II Абсолют қаттиқ жисм айланма ҳаракатининг шарты

Атрофимиздаги жисмлар илгариленма ҳаракат билан бирга айланма ҳаракат ҳам қиласи. Агар жисмга қўйилган кучнинг таъсир чизиги ёки барча кучларнинг teng таъсир этувчиси жисмнинг массалар маркази орқали ўтса, унда жисм ҳаракати илгариленма бўлиши маълум.

Таъсир чизиги жисмнинг массалар маркази орқали ўтмайдиган куч таъсирида жисм айланма ҳаракат қиласи.

Бинолар, кўпприклар ва бошқа турли иншоотларга турли табиий кучлардан ташқари, техник кучлар ҳам таъсир этади. Шунда ҳам улар тинчлик ҳолатини сақлаши керак. Тинчликдаги жисмлар ҳақида улар мувозанатда турибди деб айтилади. *Абсолют қаттиқ жисмларнинг мувозанатини ўрганадиган механика бўйимини статика деб аталаади.*

## III Абсолют қаттиқ жисмнинг мувозанат шартлари

Жисм икки шарт бажарилгандагина мувозанатда бўлади:

- 1) Жисмга қўйилган ташиқи кучларнинг йигиндиси нолга teng:



### Эсада сақланг!

Таъсир чизиги жисмнинг массалар маркази орқали ўтмайдиган куч таъсирида жисм айланма ҳаракат қиласи.



### Жавоби қандай?

1. Таъсир чизиги жисмнинг оғирлик маркази орқали ўтмайдиган куч нега жисмни айлантиради?
2. Нима учун узун стерженни бир учидан ушлагандан кўра горизонтал қўйиб, ўртасидан ушлаган осон?

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \text{ ёки } \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0. \quad (1)$$

Танлаб олинган ўқларга проекция олинганда (1) ифода қүйидаги күренишга эга бўлади:

$$F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = 0,$$

$$F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = 0,$$

$$F_{1z} + F_{2z} + \dots + F_{nz} = 0.$$

- 2) Исталган айланши ўқига нисбатан жисмга таъсир этувчи барча ташки куч моментлари-нинг йигиндиси нолга teng:

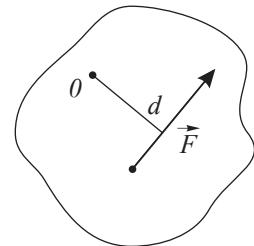
$$\sum_{i=1}^n M_i = 0 \text{ ёки } M_1 + M_2 + \dots + M_x = 0, \quad (2)$$

$$M = Fd$$

бу ерда  $M$  – куч моменти,  $d$  – куч елкаси (48-расм).

Агар куч жисмни соат стрелкасига қарама-қарши айлантиrsa, куч моменти – мусбат, агар соат стрелкасига бўйича айлантиrsa, манфий бўлади.

Агар бошлангич вақт моментаida жисмнинг бурчак тезлиги нолга teng бўлса, унда иккинчи шарт бажарилганда унинг текис айланшии ҳисобга олинмайди.



48-расм. Куч елкаси кучнинг таъсир чизиги билан тўғри бурчак ҳосил қиласади



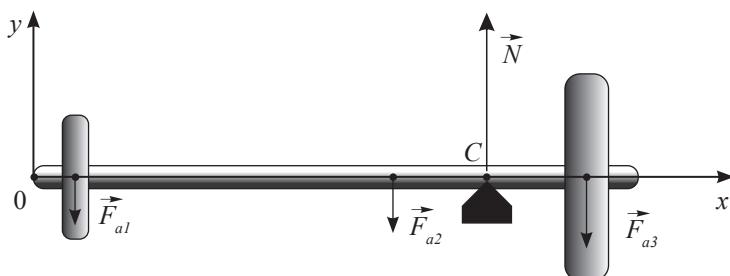
49-расм. Гайкалари бор болт

### Ўз тажрибанг

- Икки гайкаси бор болтнинг массалар марказининг координаталарини аниқланг (49-расм).
- Массалар марказига таянч қўйиб, ҳисоблашларнинг тўғрилигини текширинг.

## IV Массалар марказининг координаталари

Мураккаб тузилган жисмлар учун массалар марказининг координаталарини аниқлайлик.



50-расм. Штанганинг С массалар марказининг координаталарини аниқлаш

Учларига турли массали дисклар илинган штанганинг мувозанатини қарайлик (*50-расм*). С массалар марказининг координаталарини аниқлайлик, бунинг учун штанга ўқининг четки чап томонидаги нуқтасини айланиш нуқтаси сифатида олайлик. Мувозанат шартини ёзайлик:

$$\vec{F}_{a1} + \vec{F}_{a2} + \vec{F}_{a3} + \vec{N} = 0 \quad (3)$$

$$M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = 0 \quad (4)$$

Куч елкалари координаталар орқали ёзайлик, шунда штанганинг дисклари ва ўқига таъсир этувчи оғирлик кучларининг елкалари  $x_1, x_2, x_3$  тенг. Оғирлик марказининг координатасини  $x_c$  орқали белгилайлик. (4) тенглама куйидаги кўринишга эга бўлади:

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

Оу ўқига проекциясида (3) мувозанатнинг биринчи шартидан таянч реакциясининг кучини аниқлаймиз:

$$-m_1g - m_2g - m_3g + N = 0,$$

шунда:  $N = (m_1 + m_2 + m_3)g$ .  $(6)$

Олинган ифодани (5) тенгламага қўйиб, оғирлик марказининг координатасига нисбатан ечамиз:

$$x_c = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3}{m_1 + m_2 + m_3}. \quad (7)$$

Жисмлар сони  $n$  бўлган ҳол учун натижани умумлаштирамиз:

$$x_c = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

ёки

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

$0x$  ва  $0z$  ўқлари бўйича оғирлик марказининг координатасини шу каби аниқлаймиз:

$$y_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i y_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad z_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i z_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

## 2-топшириқ

Жисмнинг (жисмлар системасининг) массалар марказини топишга оид масала ечишнинг алгоритмини тузинг.



## Эътибор беринг!

Жисмлар системасининг фазодаги харакатини, масалан, гравитацион кучлар билан боғланган қўшалоқ юлдузлар харакатинини, уларнинг массалар марказига вазиятига нисбатан қаралади.

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Массалари мос ҳолда  $m$ ,  $2m$ ,  $3m$  ва  $4m$  бўлган тўрт шардан иборат системанинг массалар марказининг ўрнини қуидаги ҳоллар учун аниқланг: а) шарлар бир тўғри чизикда жойлашган; б) шарлар квадратнинг учларида жойлашган; в) шарлар кубнинг тўрт аралаш учларида жойлашган. Барча ҳолда қўшни шарлар орасидаги масофа 15 см ни ташкил қилади. Координата ўқларининг йўналишлари расмда кўрсатилган.

**Берил-  
ган:**

$m$

$2m$

$3m$

$4m$

$x_c - ?$

$y_c - ?$

$z_c - ?$

**Ечиш:**

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

шарларнинг координаталарини биринчи шарга нисбатан аниқлаймиз, массалар марказининг координаталарини ҳисоблаш формуласига қўямиз:

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

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

шарларнинг координаталарини тўртинчи шарга нисбатан аниқлаймиз, массалар марказининг координаталарини ҳисоблаш формуласига қўямиз:

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

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

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

шарларнинг координаталарини тўртинчи шарга нисбатан аниқлаймиз, массалар марказининг координаталарини ҳисоблаш формуласига қўямиз:

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

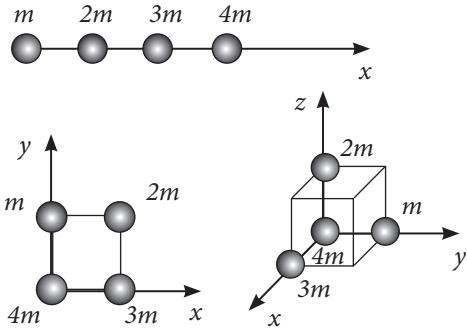
$$y_c = \frac{m \cdot 0,15 + 2m \cdot 0 + 3m \cdot 0 + 4m \cdot 0}{m + 2m + 3m + 4m} = 0,015 \text{ м.}$$

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

**Жавоби:** а)  $x_c = 0,3 \text{ м};$

б)  $x_c = 0,075 \text{ м}; y_c = 0,045 \text{ м};$

в)  $x_c = 0,045 \text{ м}; y_c = 0,015 \text{ м}; z_c = 0,03 \text{ м.}$



## Назорат саволлари:

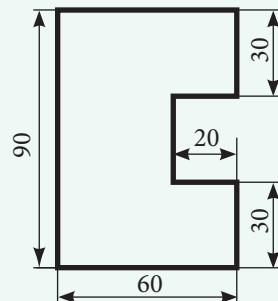
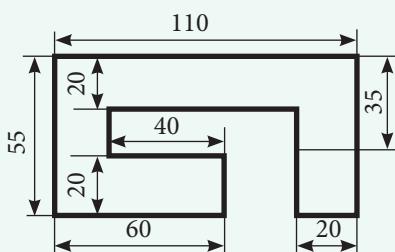
1. Қандай шартларда жисм айланма ҳаракат қилади?
2. Статика нимани ўрганади?
3. Қандай шартларда жисм мувозанатда бўлади?
4. Жисмнинг массалар марказининг координаталари қандай аниқланади?  
Жисмлар системасиники-чи?



## Машқ

11

1. Узунлиги 12 м ғўлани горизонтал ҳолатда унинг йўғон учидан 3 м масофа га таянч қўйиб, мувозанатга келтириш мумкин. Агар таянч ғўланинг йўғон учидан 6 м масофада жойлашса ва ингичка учига массаси 60 кг ишчи ўтиrsa, унда ғўла яна қайта мувозанатга келади. Ғўланинг массасини аниқланг.
2. Массаси 10 кг ва узунлиги 40 см стержен учларига массалари 40 кг ва 10 кг бўлган юклар осилган. Стержен мувозанатда бўлиши учун таянчни унинг қайси нуқтасига қўйиш керак?
3. Цилиндрик стерженнинг ярми пўлатдан, қолган ярми – алюминийдан тузилган. Агар стерженнинг узунлиги 30 см бўлса, унинг оғирлик марказининг ўрни қандай?
4. Автомашинанинг олдинги ва орқа фидирлаклари орасидаги масофа 2,3 м-га teng. Автомашинани оғирлик платформасида ўлчаганда унинг олдинги фидирлакларига қўйилган юкланиш 9 кН, орқа фидирлакларига қўйилган юкланиш 6,5 кН экани маълум бўлди. Оғирлик маркази олдинги ўқдан қандай масофада жойлашган?
5. Ўлчовлари 51-расмда берилган бир жинсли пластиналарнинг массалар марказининг координаталарини аниқланг.



51-расм. Бир жинсли пластиналар

## **Экспериментал топшириқ**

59-расмда берилган үлчамлар бўйича картон қоғоздан фигуralар қирқиб олинг. Ўзингизнинг ҳисоблашларингиз тўғрилигига ишонч ҳосил қилинг.

## **Ижодий топшириқ**

Кичик бир секторда олти планета Қуёшнинг бир томонида бўлган пайтни планеталарнинг катта паради деб аталади. Шу пайтдаги Қуёшнинг массалар марказига нисбатан Қуёш системасидаги планеталарнинг массалар марказининг координаталарини баҳоланг. Уларга: Венера, Ер, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран киради. Барча планеталар бир тўғри чизикда жойлашган деб олиб, координаталарини ҳисобланг.

## 12§. Мувозанат турлари

### Кутиладиган натика:

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- ҳар хил мувозанат турларини тушунтириша сабаб-оқибат боғланишини ўрната оласиз.

### I Мувозанат турлари

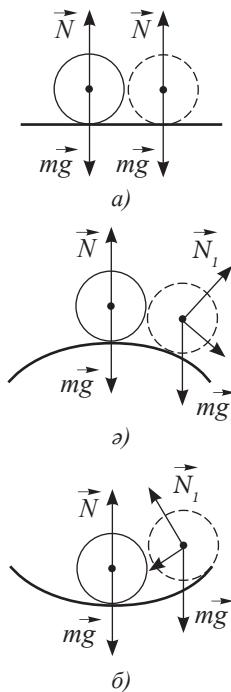
Мувозанатнинг уч тури бор: турғун, турғунмас ва фарқсиз мувозанат (52-расм).

**Агар мувозанат ҳолатидан чиқарилгандан сўнг жисм дастлабки қолатига қайтса, у қолда бу турғун мувозанат дейилади.**

Жисм турғун мувозанат ҳолатидан чиқарилгандан уни қайта мувозанат ҳолатга қайтарувчи кучлар юзага келади. Турғун мувозанат вақтида жисмнинг оғирлик маркази барча мумкин ҳолатлардан энг қуий ҳолатни эгаллайди. Турғун мувозанатда жисм энг кам потенциал энергияга эга бўлади. Турғун мувозанат ҳолатига мисол сифатида тебранувчи стулни олиш мумкин.

**Агар мувозанат ҳолатидан чиқарилгандан сўнг жисм мувозанат ҳолатидан янада узоқлашаверса, бу турғунмас мувозанат дейилади.**

Турғунмас мувозанат ҳолатдан озгина четлатилганда жисмга таъсир этувчи куч жисмни мувозанат ҳолатидан узоқлаштираверади. Турғунмас мувозанат ҳолатида оғирлик марказининг баландлиги энг катта ва потенциал энергияси энг юқори қийматга эга бўлади. Турғунмас мувозанат ҳолатидаги жисмга дорбозни (арқонда юрадиган одам) мисол қилишга бўлади (53-расм).



52-расм. Мувозанат турлари

### 2-топширик

Турғун, турғунмас ва фарқсиз мувозанат ҳолатлари даги жисмларга мисоллар келтиринг.



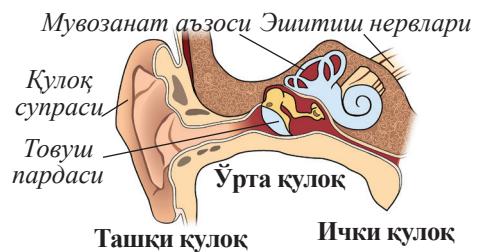
53-расм. Дорбоз турғунмас мувозанат ҳолатида

**Агар мувозанат ҳолатидан чиқарилган жисм ўзининг ҳолатини ўзгартирмаса, бу фарқсиз мувозанат ҳолати деб аталади.**

Фарқсиз мувозанатда жисмнинг потенциал энергияси ўзгармайди, сабаби оғирлик марказининг баландлиги дастлабки ҳолатида қолади. Фарқсиз мувозанат горизонтал сиртда сирпанувчи шарсимон жисмлар, филдиракларда кузатилади.

### **Бу қизиқ!**

Одамлар ва ҳайвонларнинг қулоқлари фақат эшитиш учунгина керак эмас, шу билан бирга қулоқнинг ичидә тананинг мувозанати учун жавоб берувчи орган жойлашган.



54-расм. Эшитиши аъзосининг тузилиши

## **II Таянчдаги жисмнинг турғун мувозанати. Ағдарилиш**

Атрофимиздаги жисмларнинг күпчилиги: бино, мебель ва турмуш асбоблари, машиналар, аргамчи, беланчак, ҳатто одамнинг ўзи ҳам таянчда тинчликда туради. Қандай ҳолларда бинонинг турғунлиги ортишини аниқлайлик. Тошнинг мувозанати турғунлигини қарайлик (55-расм). Уни қандайдир бир чегара бурчакгача оғдириш мумкин, кейин у ағдарилиб тушади. Чегаравий қиялик бурчагини геометрик усуlda

### **Бу қизиқ!**

Майл Граб – америкалик рәссом, у тошлардан шакли ажойиб ҳайкаллар ясашнинг моҳир устаси (56-расм). У қотириб ёпиширувчи материаллардан фойдаланмасдан, фақат тошларнинг ўзидан ҳайкаллар ясади.



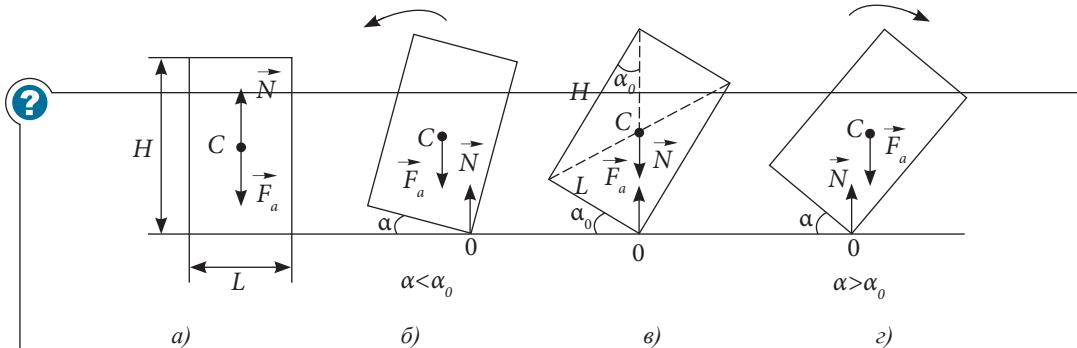
56-расм. Ҳайкалдаги тошлар турғунмас мувозанатда жойлашиган.

аниқлаймиз:  $\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{L}{H}$  (55 б) расм). Таянчдаги оғирлик маркази орқали ўтадиган тик

чизиқ таянчнинг юзасини кесиб ўтгунча жисмни оғдиравериш мумкинлигини тажрибалар кўрсатади (55 б) расм). Бу ҳолда оғирлик қучини моменти мусбат қийматга эга бўлади, жисм соат стрелкасига қарама-қарши йўналади ва бошланғич ҳолатига қайтади. Тик чизиқ таянч юзасининг чегарасидан чиқиши билан, куч моменти манфий бўлади, жисм қулайди (55 в) расм). Шу сабабли таянч юзи қанча катта бўлса жисм шунча тургун бўлади.

Жисмнинг массалар маркази тургун мувозанат ҳолатида энг кичик баландликка эга бўлади, у  $H/2$  га тенг (56 а) расм). Тургунмас мувозанат ҳолатида массалар марказининг баландлиги энг катта қийматгача ортади (55 б) расм).

Агар жисмнинг оғирлик маркази орқали ўтадиган вертикал чизиқ шу жисмнинг таянч юзининг чегарасидан ўтмаса, таянч юзига эга жисм мувозанатда бўлади.



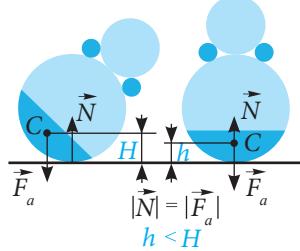
55-расм. Таянчдаги жисмнинг қулаши шарти

### Жавоби қандай?

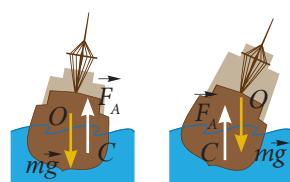
1. Осмонўпар биноларнинг юқори қисми нега учкур-роқ бўлади (57-расм)?
2. Қуламайдиган ўйинчоқнинг ишилаш принципини тушунтиринг (58-расм)?
3. Юкни нега кеманинг палубасига эмас, унинг трюомига ортилади (59-расм)?



57-расм. Дубайдаги машҳур кўпқаватли уй, баландлиги 828 м, 163 қават



58-расм. Қуламайдиган ўйинчоқ тургун мувозанатга эга



59-расм. Кеманинг тургун ва тургунмас мувозанати

### III Осмадаги жисмнинг турғун мувозанати

Агар жисмнинг  $C$  оғирлик маркази орқали ўтадиган тик чизик 0 айланиш ўқи орқали ўтадиган бўлса, унда айланиш ўқи бор жисм мувозанатда бўлади (*61 а) расм*). Бу вақтда, агар  $C$  оғирлик маркази айланиш ўқидан юқорида бўлса, унда исталган мувозанат ҳолатидан четлашишда потенциал энергия камаяди ва 0 ўқига нисбатан оғирлик кучининг моменти жисмни янада мувозанат ҳолатидан узоклаштираверади. Бу – турғунмас мувозанат ҳолати.

Агар оғирлик кучи айланиш ўқидан пастда жойлашган бўлса, унда мувозанат турғун бўлади (*61 б) расм*). Исталган четлашишда потенциал энергия ортади, оғирлик кучининг моменти жисмни мувозанат ҳолатга қайта олиб келади.

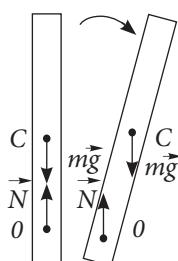
Агар оғирлик маркази ва айланиш ўқи мос тушса (*61 в) расм*), унда мувозанат ҳолати фарқсиз бўлади.

#### 3-топшириқ

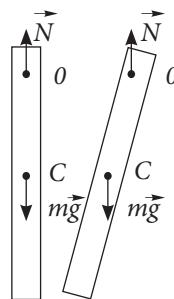
Бўш ва юк ортилган машинага таъсир этувчи кучларни тасвирланг. Нега юк ортилган автомашиналар бурилишларда тез-тез ағдарилади (*60-расм*)?



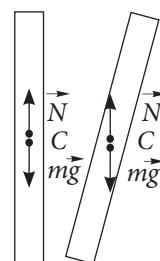
*60-расм. Майдо тошлар ортилган юк машинасининг ағдарилиши*



*а)*



*б)*



*в)*

*61-расм. Айланиш ўқи бор жисмнинг мувозанати*

Фарқсиз мувозанат ҳолатида денгиз ҳайвонлари – китлар, итбаликлар бўлади. Түрғун мувозанат ҳолатида механик соат маятники бўлади. Мувозанат ҳолатдан четлатиш учун маятникка куч қўйиш керак.

#### Назорат саволлари:

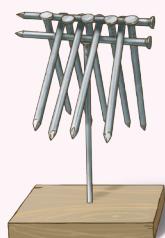
- Мувозанатнинг қандай турлари бор?
- Қандай шартларда жисм түрғун мувозанат ҳолатида бўлади?
- Түрғунмас мувозанат қандай ҳолларда кузатилади? Фарқсиз ҳолат-чи?
- Қандай шартларда жисм таянчдан ағдарилмайди?



1. Қуйида күрсатылған ҳоллардаги мувозанат турларини анықлаш керак:
  - 1) бильярд шари түрда жойлашған вақтда;
  - 2) горизонтал тортилған ипдаги мунчок;
  - 3) қия текисликдаги шарча;
  - 4) арқонда юриб келаётған гимнаст;
  - 5) конус ичидаги шар;
  - 6) деворга суяб қўйилған нарвон;
  - 7) полда ётган қути;
2. Нега ғұла сұнда тик сұзмайды?
3. Тахтачада баланлиги  $h$  өндирилген диаметри  $d = h/2$  бўлған цилиндр турибди. Тахтачани бир учидан секин кўтара бошланди. Қайси бири биринчи бажарилади: цилиндр ағдариладими ёки сирпана бошлайдими? Тахтача ва цилиндр сиртлари орасидаги ишқаланиш коэффициенти  $m = 0,4$ .

### Экспериментал топшириқ

Интернет тармоғи материалларидан фойдаланыб, михлар билан тажриба ўтказинг (62-расм). Михлар нега мувозанат ҳолатини сақлашини тушунтириңг.



**62-расм.** Экспериментал топшириқ учун

### Ижодий топшириқ

1. Құлда бор материаллардан құламайдыған құғирчоқ ясанғ.
2. Ахборот тайёрланғ (танлов бүйіча):  
«Цирк трюкларидаги мувозанат турлари»;  
«Спортнинг турларида мувозанатнинг роли».

## 3-бобнинг хуносаси

Мувозанат шартлари	Массалар марказининг координаталари
$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$ $\sum_{i=1}^n M_i = 0 \quad M = Fd$	$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$ $y_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i y_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$ $z_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i z_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$

### Абсолют қаттиқ жисмнинг мувозанат шартлари

- Жисмга қўйилган ташки кучларнинг йигиндиси нолга teng.
- Жисмга таъсир этувчи барча ташки кучлар моментларининг йигиндиси исталган ўққа нисбатан нолга teng.

### Глоссарий

**Куч елкаси** – жисмнинг айланиш ўқидан қучнинг таъсир чизигигача энг қисқа масофа.

**Статика** – моддий жисмларнинг кучлар таъсирида мувозанат шартларини ўрганувчи механика бўлими.

**Массалар маркази** – жисмни илгариланма харакатга келтирувчи кучлар таъсир чизикларининг кесишиши нуқтаси.

**Оғирлик маркази** – исталган ҳолда жисмга таъсир этувчи оғирлик кучининг қўйилиш нуқтаси.

**Мувозанат** – жисм ёки жисмлар системасининг ҳолати, бу вактда қўйилган кучлар таъсирида жисм ёки жисмлар системаси тинчлиқда бўлади.

## 4-БОБ

# САҚЛАНИШ ҚОНУНЛАРИ

Берк система жисмлари учун импульс ва энергиянинг сақланиш қонунларини Ньютон қонунларини қўллаш орқали чиқаришга бўлади.

Сақланиш қонунлари жисмлар системасига таъсир этувчи кучларни қарамай ва жисмларнинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтиш ҳаракатини кузатмай туриб ҳам динамика масалаларини ечишга имкон беради.

Импульс ва тўла механик энергиянинг сақланиш қонунлари исталган ўлчовдаги берк система жисмлари: микрооламнинг зарралари, шунингдек космик жисмлар учун ҳам бажарилади.

Қонунлар система жисмларига ташқи кучлар таъсир этган ҳолда ҳам бажарилади, бироқ уларнинг тенг таъсир этувчи кучи нолга тенг бўлиши керак. Ерда бундай кучларга Ернинг тортишиш кучи ва таянчнинг реакция кучи киради.

### Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:

- сонли ва экспериментал масалаларни ечишда сақланиш қонунларидан фойдаланишни ўрганасизлар.

## 136. Импульснинг ва механик энергиянинг сақланиш қонунлари, уларнинг фазо ва вақт хоссалари билан боғланиши

### Кутиладиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- Сонли ва экспериментал масалаларни ечишда сақланиш қонунларидан фойдалана оласиз.

### I Берк система учун импульснинг сақланиш қонуни

Импульснинг сақланиш қонуни Ньютоннинг иккинчи ва учинчи қонунлари натижасидир.

**Агар жисмлар системасига таъсир этувчи ташқи кучларнинг йиғиндиси нолга teng бўлса, ўзаро таъсирилашувчи жисмлар берк системасининг импульси ўзгармас доимий катталик бўлиб қолади.**

#### 1-топшириқ

Импульснинг сақланиш қонуни Ньютоннинг иккинчи ва учинчи қонунлари натижасидан келиб чиқишини исботланг.

#### Жавоби қандай?

- Нега абсолют эластик тўқнашув учун импульснинг сақланиш қонунининг ёзилиши ноэластик тўқнашув учун ёзилишидан бошқача бўлади?
- Сақланиш қонунлари нима сабабдан фақат берк системалар учунгина бажарилади?

#### 2-топшириқ

63–65-расмларда тасвирланган жисмлар учун импульснинг сақланиш қонунини ёзинг.

$$\vec{p}_{\infty} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const}, \quad (1)$$

бу ерда  $\vec{p}_c$  – системага кирувчи жисмларнинг импульсларининг геометрик йиғиндиси,  $n$  – системадаги жисмлар сони,  $i$  – жисмнинг тартиб номери,  $\Sigma$  – йиғинди белгиси.

Уч жисмнинг ўзаро эластик таъсирилашувида (1) формула қуйидаги кўринишга келади:

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

бу ерда  $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3$  – жисмларнинг ўзаро таъсирилашгунча бўлган теззиклари,

$\vec{u}_1, \vec{u}_2, \vec{u}_3$  – жисмларнинг ўзаро таъсирилашувдан кейинги теззиклари.

Ўзаро ноэластик таъсирилашувда сақланиш қонуни қуйидаги кўринишга келади:

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

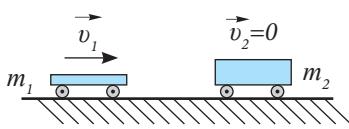
бу ерда  $\vec{u}$  – ўзаро таъсирилашувдан кейинги жисмларнинг тезлиги.

### II Берк система жисмлари импульслари йиғиндисининг модули

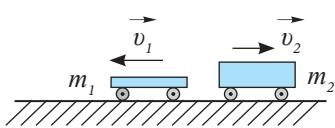
Жисмларнинг импульсларининг йиғиндисининг модулини аниқлаш учун координата усулидан фойдаланишга бўлади. Бу усул система жисмлари импульслари йиғиндисининг модулини жисм импульсларининг  $0x, 0y, 0z$  ўқларига туширилган проекцияларининг йиғиндиси орқали ифодалашга имкон беради.

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

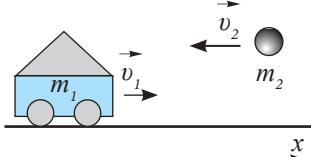
Таъсирлашишдан олдин



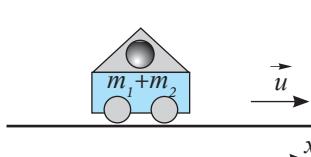
Таъсирлашишдан кейин



Таъсирлашишдан олдин



Таъсирлашишдан кейин



**63-расм.** Тинч турган аравача билан эластик түйнешув

**64-расм.** Жисмларнинг ўзаро ноэластик түйнешуви

**65-расм.** Ҳаракатдаги шарларнинг эластик түйнешуви

Танлаб олинган  $p_x$ ,  $p_y$ ,  $p_z$  ўқларига туширилган проекцияларнинг йифиндиши ушбу формулалар бўйича топилади:

$$\begin{aligned} p_x &= p_{1x} + p_{2x} + \dots + p_{nx}, \\ p_y &= p_{1y} + p_{2y} + \dots + p_{ny}, \\ p_z &= p_{1z} + p_{2z} + \dots + p_{nz}, \end{aligned} \quad (5)$$

бу ерда  $p_{1x}$ ,  $p_{2x}$ , ...,  $p_{nx}$  – системага кирувчи  $n$  жисм импульсларининг  $0x$  ўқига проекциялари,

$p_{1y}$ ,  $p_{2y}$ , ...,  $p_{ny}$  – импульсларнинг  $0y$  ўқига проекциялари  $p_{1z}$ ,  $p_{2z}$ , ...,  $p_{nz}$  –  $0z$  ўқига проекциялари.

### III ИИИ Энергиянинг сақланиш қонуни

Кинетик ва потенциал энергияларнинг йифиндишина тенг системанинг тўла механик энергияси системада жисмлар орасидаги масофага боғлиқ кучлар таъсир этгандагина сақланади. Уларни консерватив кучлар деб аталади.

Консерватив кучларга тортишиш кучи ва эластик кучи киради. Консерватив кучларнинг ишини манфий ишорада олинган потенциал энергиянинг ўзгариши сифатида ифодалаши мумкин:

$$A = -(mgh_2 - mgh_1); \quad A = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right) \text{ ёки} \\ A = -(W_{p2} - W_{p1}) \quad (6)$$

Исталган кучнинг ишини кинетик энергиянинг хақидаги теорема бўйича аниқлаш мумкин:

$$A = Fs = ma \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \text{ ёки} \\ A = W_{k2} - W_{k1} \quad (7)$$

### Жавоби қандай?

Нега жисмларнинг эластик түйнешуви массалаларини фақат импульснинг сақланиши қонуидан фойдаланиб ечиш мумкин?

### Жавоби қандай?

Нега Ньютон маятнигида массалари бирдай шарлар ишлатилади?

### З-топшириқ

- Потенциал энергияни ҳисоблаш формуласини:
  - осмон жисми сиртидаги ва ундан узокдаги гравитация майдонида жойлашган жисм учун
  - деформацияланган пружина (стержен) учун ёзинг.
- Ҳаракатдаги жисм учун кинетик энергияни ҳисоблаш формуласини ёзинг.

(6) ва (7) тенгламалардан:

$$W_{k1} + W_{p1} = W_{k2} + W_{p2}$$

шу тариқа:

$$W_k + W_p = \text{const},$$

бу – тұла механик энергиянинг сақланиш қонунининг ифодаси.

Н жисмдан иборат системанинг энергияси системанинг хар бир жисмининг энергиялари йиғиндиси сифатида аникталади. Биринчи ҳолат учун кинетик ва потенциал энергия:

$$W_{k1} = \sum_{i=1}^n W_{ki}, \quad W_{p1} = \sum_{i=1}^n W_{pi} \quad \text{бўлади.}$$

Иккинчи ҳолат учун:

$$W_{k2} = \sum_{i=1}^n W_{ki}, \quad W_{p2} = \sum_{i=1}^n W_{pi},$$

бу ерда  $i$  – жисмнинг тартиб номери.

**Фақат консерватив кучлар таъсир этувчи жисмларнинг берк система-сида тұла механик энергия ўзгармас катталиқ бўлади.**

#### IV Фазо ва вақт хоссаларининг сақланиш қонунлари билан боғланиши

10-параграфда фазонинг асосий хоссалари: бир жинслилик ва изотроплик ҳақида айтилди. Фазонинг бир жинслилiği унинг барча нүкталарининг бирдайлиги билан, изотроплик эса унинг барча йұналишларининг бирдайлиги билан таърифланади. Вақт бир жинслилик хоссасига эга. Вақтнинг бир жинслилiği барча вақт онлари тенг эканини, улардан исталганини бошланғич саноқ нүктаси сифатида қабуллаш мумкинligини билдиради. Фазо ва вақтнинг бу хоссалари импульс ва энергиянинг сақланиш қонунлари билан боғлик.

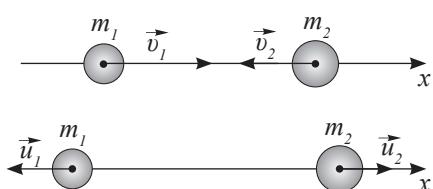
*Импульснинг сақланиши қонуни асосида фазонинг бир жинслилик хоссаси ётади. Кўплаган тажрибалар ва тадқиқотлар берк система зарраларининг тезликлари ва ўзаро вазиятларини ўзgartирмай, уларни фазода бир жойдан иккинчи жойга кўчириш системанинг механик хоссаларини ўзgartирмаслигини кўрсатди. Жисмлар системасининг импульси доимий катталиқ бўлиб қолаверади.*

*Энергиянинг сақланиши қонунининг асосида вақтнинг бир жинслилик хоссаси ётади. Берк система учун энергиянинг сақланиши қонуни исталган вақт оралиги учун бажарилади.*

Фазо – вақт ораликлари берк система жисмларининг ўзаро таъсирі қараладиган барча саноқ системалари учун инвариант ва абсолют.

#### МАСАЛА ЕЧИШ

*1-масала.* Массалари  $m_1$  ва  $m_2$ , тезликлари  $v_1$  ва  $v_2$  икки жисм бир-бирига қарама-қарши ҳаракатланиб келади (расмни қаранг). а)  $v_{2x} = 0$ ; б)  $m_1 = m_2$  бўлган хусусий ҳоллар учун жисмларнинг марказий эластик тўқнашувларидан кейинги  $u_1$  ва  $u_2$  тезликларни аниқланг.



**Берилган:**

$m_1$

$m_2$

$v_1$

$v_2$

$u_1$ -?

$u_2$ -?

**Ечиш:**

Ох ўқига туширилган проекцияларда импульснинг сақланиш қонунини кўриниши қўйидагича бўлади:

$$m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = m_1 u_{1x} + m_1 u_{1x}. \quad (1)$$

Икки шар учун кинетик энергиянинг сақланиш қонунини ёзамиш:

$$\frac{m_1 v_{1x}}{2} + \frac{m_2 v_{2x}^2}{2} + \frac{m_1 u_{1x}^2}{2} + \frac{m_2 u_{2x}^2}{2}. \quad (2)$$

Олинган икки номаълум  $u_{1x}$  ва  $u_{2x}$  бор тенгламалар системасини ечайлик. Олинган тенгламаларда биринчи жисмнинг импульси билан энергиясини тенгламанинг ўнг томонига, иккинчи жисмнинг импульси ва энергиясини тенгламанинг чап томонига олиб бориб, натижасини қўйидаги кўринишда ёзамиш:

$$m_1(u_{1x} - v_{1x}) = m_2(v_{2x} - u_{2x}) \quad (3)$$

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

(2) тенгламани (1) тенгламага бўлиб, қўйидагини оламиш:

$$u_{1x} + v_{1x} = v_{2x} + u_{2x}. \quad (5)$$

(5) тенгламанинг икки томонига ҳам  $m_2$  кўпайтирамиз, олинган натижани (3) тенгламага қўшамиш, шунда биринчи жисм учун эластик тўқнашувдан кейинги тезликни хисоблаш формуласини оламиш:

$$u_{1x} = \frac{(m_1 - m_2)v_{1x} + 2m_2v_{2x}}{m_1 + m_2}. \quad (6)$$

(6) тенгламани (5) тенгламага олиб бориб қўйиб, иккинчи жисм учун тезлик проекциясини топишга имкон берувчи ифодани оламиш:

$$u_{2x} = \frac{(m_1 - m_2)v_{2x} + 2m_1v_{1x}}{m_1 + m_2}. \quad (7)$$

**Хусусий холларни қарайлик:**

a) Иккинчи шар урилгунча:  $v_{2x} = 0$ , у ҳолда (6) ва (7)дан:

$$u_{1x} = \frac{(m_1 - m_2)v_{1x}}{m_1 + m_2}, \quad u_{2x} = \frac{2m_1v_{1x}}{m_1 + m_2} \text{ келиб чиқади.}$$

*Хулоса:*

Агар  $m_1 > m_2$  бўлса, биринчи шар урилишдан олдинги йўналиши бўйича ҳаракатини давом эттиради, бироқ тезлиги камаяди.

Агар  $m_1 < m_2$  бўлса, унда биринчи шар урилишдан кейин ортга томон сапчиди.

*Иккинчи шар икки ҳолда ҳам биринчи шарнинг урилишигача бўлган йўналиши бўйича ҳаракатланади.*

b) Икки шарнинг ҳам массалари бирдай бўлсин, унда:

$$u_{1x} = \frac{2m_1v_{1x}}{2m} = v_{1x}, \quad u_{2x} = \frac{2m_2v_{2x}}{2m} = v_{2x}.$$

*Хулоса:*

бирдай массали шарлар абсолют эластик тўқнашувда тезликлари билан алмашишиади.

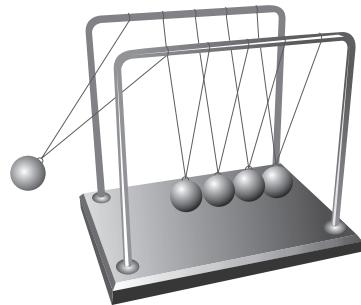


## Бу қызық!

Ньютон маятнининг ҳаракати массалари бирдай жисмларнинг ўзаро эластик түқнашуви вақтида импульс ва энергиянинг сақланиш қонунларига асосланган.

Биринчи шарни оғдириб қўйиб юборсак, унда унинг энергияси ўзгаришсиз ўртадаги шарлар орқали охирги сига узатилади, у ҳам худди шу тезликни олади ва шу баландликка кўтарилади.

Ўз навбатида у импульси ва энергиясини занжир бўйлаб биринчи шарга беради (66-расм).



**66-расм. Ньютон маятниги**

### Назорат саволлари:

- Импульстнинг сақланиш қонунини таърифланг.
- Жисмлар импульсларининг йиғиндиси координата усулида қандай аниқлайди?
- Қандай энергияни потенциал энергия деб аталади?
- Осмон жисмининг сиртида жисмнинг потенциал энергиясини қандай аниқлайди? Осмон жисмидан узоқда-чи?
- Консерватив кучларнинг иши жисмнинг потенциал энергияси билан қандай боғлиқ?
- Тўла механик энергиянинг сақланиш қонунини таърифланг.
- Тўла механик энергиянинг ва импульснинг сақланиш қонуни фазонинг қандай хоссаларидан келиб чиқади?



## Машқ

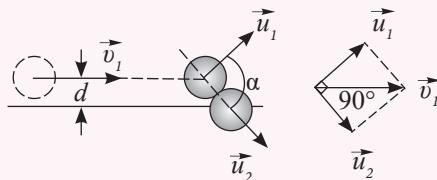
**13**

- Массаси  $10^4$  кг бўлган темирийўл вагони 25 м/с тезликда ҳаракатланади, массаси  $1,5 \cdot 10^4$  кг бўлган қўзгалмас вагон билан тўқнашади. Агар вагонлар бир-бирига уланиб қолса, улар биргаликда қандай тезликда ҳаракатланади?
- Умумий массаси 600 г бўлган ракетада 350 г ўқ-дори бор. Газ бирдан 300 м/с тезликда отилиб чиқади. Ҳавонинг қаршилиги ракетанинг кўтарилиш баландлигини 6 марта камайтиради.  $g = 10 \text{ м/с}^2$  деб олиб, ракетанинг кўтарилиш баландлигини аниқланг.
- Икки бирдай абсолют эластик шарлар силлиқ горизонтал сиртда бир-бирига қарама-қарши 10 м/с ва 5 м/с тезликлар билан келмоқда. Тўқнашгандан кейин шарлар қандай йўналишида ва қандай тезликларда ҳаракатланади?
- Массаси 70 кг сузуви 10 м баландликда жойлашган тепалиқдан сакраб, 3 м чуқурликка шўнгийди. Сувнинг сиртини нолинчи сатҳ деб олиб, сув-увчининг тепада турган ва максимал сувга ботган вақтлардаги потенциал энергиясини аниқланг.
- Пружинали ўйинчоқ пистолетдан вертикал отилган массаси 0,02 кг шар юқорига 57,6 см баландликка кўтарилади. Бикрлиги 400 Н/м бўлган пружинанинг сикилишини аниқланг.

- Массаси 1000 кг Ернинг сунъий йўлдоши доиравий орбитада Ернинг атрофида унинг сиртидан 1000 км масофада харакатланади. Сунъий йўлдошнинг потенциал, кинетик ва тўла энергиясини аниқланг.
- Бизнинг планетамиз учун иккинчи космик тезликни аниқланг.

### Экспериментал топшириқ

- Массалари бирдай шарларнинг марказий эмас эластик тўқнашувини кузатинг. Массалари бирдай шарлар қандай бурчакда учишини аниқланг.  $\alpha$  учиш бурчаги шарларнинг массалар марказлари орасидаги  $d$  масофага боғлиқми? (67-расм). Ҳисоблашларни назарий бажариб, эксперимент натижалари билан таққосланг.



*67-расм. 1-экспериментал топшириқ учун расм*

- Жисм тинч турган тўсиқ билан эластик тўқнашганда унинг тезлигининг ва импульс моментининг фақат йўналиши ўзгаради. Тезлик билан импульс қийматларининг тўсиқ йўналиши ва тезлигининг катталикларига боғлиқлигини текширинг. 68-расмда волейболдаги ҳужумчининг зарб техникаси тасвирланган. Ўзингиз ўтказган кузатишлар асосида спортчининг ҳаракатини тушуниринг. Қандай спорт турларида жисм импульси ўзгаришини тўсиқнинг ҳаракат тезлигига боғлиқлигидан фойдаланилади?



*68-расм. 2-экспериментал топшириқ учун*

### Ижодий топшириқ

Иккинчи космик тезликни ҳисоблашда ва космик кемаларни биринчи учирорлиш вақтларида энергиянинг сақланиш қонунининг аҳамияти ҳақида доклад тайёрланг.

## 4-бобнинг хуносаси

Сақланиш қонунлари	Энергия	Иш
Импульснинг $\vec{p}_c = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const}$	Кинетик энергия $W_k = \frac{mv^2}{2}$	$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$ $A = -(W_{p2} - W_{p1})$
энергиянинг $W = W_k + W_p = \text{const}$	Потенциал энергия $W_p = \frac{kx^2}{2}$ $W_p = mgh$ $W_p = \frac{GMm}{R}$	$A = \left( \frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2} \right)$ $A = -(mgh_2 - mgh_1)$ $A = -\left( \frac{GMm}{R_2} - \frac{GMm}{R_1} \right)$

### Динамика қонунлари:

#### Импульснинг сақланиш қонуни:

Агар жисмлар системасига таъсир этувчи ташқи кучларнинг йифиндиси нолга тенг бўлса, ўзаро таъсирилашувчи жисмлар берк системасининг импульси ўзгармас катталик бўлади.

#### Энергиянинг сақланиш қонуни:

Факат консерватив кучлар таъсир этувчи жисмларнинг берк системасида тўла механик энергия ўзгармас катталик бўлади.

### Глоссарий

**Консерватив кучлар** – факат ўзаро таъсирилашувчи жисмлар орасидаги масофага боғлиқ кучлар, уларга тортишиш кучи ва эластиклик кучи киради.

**Марказий тўқнашув** – жисмларнинг массалар марказини туташтирувчи чизиклар бўйлаб йўналган тезликларда ҳаракатланадиган жисмларнинг тўқнашуви.

**Кинетик энергия** – ҳаракатланаётган жисмнинг энергияси.

**Потенциал энергия** – ўзаро таъсирилашувчи жисмларнинг ёки бир жисм кисмларининг ўзаро вазияти орқали аниқланадиган энергия.

**Тўла механик энергия** – жисмнинг кинетик ва потенциал энергияларининг йифиндиси.

5-БОБ

# СҮЮҚЛИКЛАР ВА ГАЗЛАРНИНГ МЕХАНИКАСИ

Гидро- ва аэродинамика қонунларига дарёлар ёки сув ўтказгич қувурлардаги сувнинг, қон томирлардаги қоннинг, атмосфера ҳавосидаги улкан массаларнинг ҳаракати бўйсунади.

Суюқлик ва газларнинг қатламлари орасидаги ва газларнинг сиқилишидаги ички ишқаланиш ҳодисасининг мавжудлиги туфайли уларнинг ҳаракатини ўрганиш қийинрок бўлади. Ушбу бобда биз идеал суюқлик ва унинг оқимида жойлашган қаттиқ жисмнинг ҳаракатини қараймиз.

## Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:

- суюқлик ва газларнинг ламинар ва турбулент оқимини тавсифлашни;
- экспериментал, сонли ва сифат масалаларни ечишда узликсизлик тенгламаси ва Бернулли тенгламасини қўллашни;
- экспериментал, сонли ва сифат масалаларни ечишда Торричелли формуласидан фойдаланишни;
- эксперимент натижасига таъсир этувчи факторларни аниқлаб, уни яхшилаш йўлларини таклиф қилишни ўрганасиз.

## 146. Гидродинамика. Суюқлик ва газларнинг ламинар ва турбулент оқими

### Кутиладиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштирғандан:

- Суюқлик ва газларнинг ламинар ва турбулент оқимларини тавсифлай оласиз.



Даниил Бернулли (1700–1782) – швейцарийлик физик ва математик, 1725 йилдан 1733 йилгача Петербург Фанлар Академиясининг академиги, 1748 йилдан бошлаб, Париж Фанлар Академиясининг аъзоси, газнинг, гидродинамиканинг, математик физиканинг кинетик назариясининг асосини қурувчилардан бири, «Гидродинамика» монографиясининг муаллифи.

### I Гидро- ва аэродинамика.

Тарихий жиҳатдан олганда океанларда суиш сифатини орттириш мақсатида кемаларнинг ҳаракатини, елканларнинг, бургуларнинг, қанотларнинг, насосларнинг ва яна бошқа қурилмаларнинг ишлаш принципларини тадқиқ қилишга боғлиқ ҳолда гидро- ва аэродинамика юзага келди. XVIII асрда Даниил Бернуллининг, Жан ле-Рон Даламбернинг, Леонардо Эйлернинг асарларида гидродинамиканинг асоси тузилди.

**Гидро- ва аэродинамика – суюқликлар ва газлар ҳаракатини ҳамда суюқликлар ва газларнинг қаттиқ жисмлар билан ўзаро таъсирини ўрганадиган механика бўлими.**

Гидродинамика инсон фаолиятининг турли соҳаларида қўлланилади. Ундан кемалар ва учиш аппаратларини, сув қувурлари ва нефть қувурларини, насослар ва сув турбиналарини лойиҳалашда фойдаланади. Ҳаракатланаётган жисмга таъсир этувчи кўттарувчи куч ва қаршилик кучини ҳисоблаш гидродинамика масалаларига киради. Гидродинамика масалаларини осонлатиш учун «идеал суюқлик», «оқим элементи» деган тушунчалар киритилган.

**Идеал суюқлик – ёпишқоқлиги ва сиқилиши эътиборга олинмайдиган суюқлик.**

Идеал суюқликда қаватлар орасида ишқаланиш бўлмайди.

**Оқим элементи – ҳаракат вақтида шакли ўзгаришларини эътиборга олмаса бўладиган суюқликнинг (газнинг) шартли ажратиб олинган кичик ҳажми.**

### II Суюқликларнинг ҳаракатини кузатиш. Оқим чизиғи. Оқим найи

Суюқликнинг ҳаракатини текшириш усулларидан бири қуйидагича: суюқликка металл қириндилари солинади ва кучли ёргулар туширилиб, оз тўхтатишда фотосуратга туширилади. Расмда қириндилар узунликлари суюқлик оқимининг тезлигига пропорционал чизиқчалар каби кўринади. Қириндилар ҳаракатининг йўналишига қараб, суюқлик оқимининг исталган нуқтасида унинг йўналиши ҳақида билишга бўлади. Фотосуратнинг тўхтатишни орттирган вактда чизиқчалар яхлит чизикларга

бирикади, уларни оқим чизиклари деб аталади (69-расм). Эйлер суюқликларни шу усулда ўрганган.

**Оқим чизиги – фазонинг исталган нүкта-  
сидаги урунмаларнинг йўналиши суюқлик  
тезлигининг йўналиши билан мос келадиган  
чизиклар.**

Суюқлик харакатини ўрганган вақтда оқим найнини олиб қарашга бўлади.

**Оқим найи – суюқлик ёки газнинг оқим  
чизиклари билан чегараланган ҳажми.**

Суюқликнинг ёки газнинг тезлиги оқим чизиги-  
нинг хар бир нүктасида урунма бўйлаб йўналади,  
шунда оқим найининг ичида жойлашган суюқлик  
унинг ён сиртини кесиб ўтмайди.

### III Ламинар ва турбулент оқим

Ламинар оқими бор суюқликлар учун гидродина-  
мика қонунлари бажарилади.

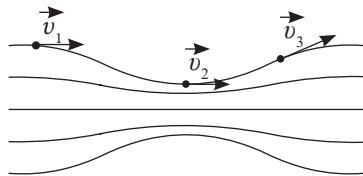
**Агар суюқлик қатламлари аралашмай,  
бир-бирига нисбатан силжийдиган бўлса,  
оқим ламинар бўлади.**

70-расмда ламинар оқимдаги оқим оқим чизиклари кўрсатилган. Тинч дарёлардаги сувнинг оқими ламинар ёки қатламли оқим ҳисобланади (71-расм). Фаввораларда ламинар оқими шиша най каби кўри-  
нади (72-расм). Ламинар оқим олишга мўлжалланган  
қурилмалар ёритилган динамик ва ёритилган муси-  
кий фаввораларда фойдаланилади.

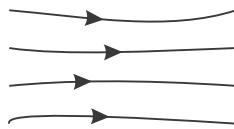
Суюқлик оқими тезлиги орттирилса, қуюн пайдо  
бўлади, бу вақтда оқим турбулент бўлади (73-расм).

**Агар суюқлик қатламлари аралашиб, қуюн  
пайдо бўлса, оқим турбулент бўлади.**

Турбулент оқимларда тезлик билан босимнинг  
оний қийматлари суюқлик ёки газнинг берилган  
нүктасида тасодифий тарзда ўзгаради. Шартлар  
ўзгармаган ҳолда бутун ҳажм бўйича шу катталик-  
ларнинг тарқалиши турли бўлади ва амалда қайта-  
ланмайди. Турбулент оқим учун тезлик ва босимнинг



69-расм. Оқим чизиги



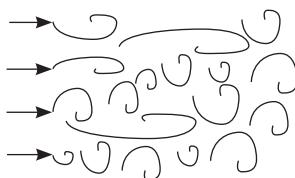
70-расм. Ламинар оқимдаги  
оқим чизиги



71-расм. Бухтарма дарёси,  
ламинар оқим



72-расм. Ламинар оқимда  
оқим найи кесимининг юзаси  
сақланади



73-расм. Турбулент оқимдаги  
оқим чизиги

ўртача қийматлари ишлатилади. Турбулент оқимлар экспериментал тадқиқ қилинади.

Суюқлик ва газнинг оқими турли бўлиши мумкин: барқарор ва беқарор. Суюқликнинг *барқарор ёки стационар ҳаракати* деб берилган нуқтада босимнинг йўналиши ва тезлиги вақт ўтиши билан ўзгармайдиган ҳаракатни айтамиз.

**Фазонинг барча нуқталарида суюқлик элементининг тезлиги вақт ўтиши билан ўзгармаса, оқим стационар бўлади.**

Тезлик ва босим исталган нуқтада вақт бўйича ўзгарадиган суюқлик оқими *беқарор ёки ностационар* деб аталади.

#### **IV Суюқлик ёки газ ҳаракатининг кинематик характеристикиси**

Идеал суюқликнинг ҳаракатини тавсифлаганда механика қонунлари кўлланилади. Улар қаттиқ жисмлар учун бажарилади. Суюқлик ёки газнинг бутун ҳажми кичик элементларга бўлинади ва уларнинг фазодаги ҳаракати қаралади. Масалан, ҳаво оқимининг деворга туширадиган босими аниқлашда, импульс кўринишидаги Ньютоннинг иккинчи қонунини қўллашга бўлади:

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

бу ерда  $\Delta m_i$  – ҳаво оқимининг элементи,  $n$  – тақдимада оғизида девор билан тўқнашган ҳаво оқимининг элементлари сони,  $\vec{F}_i$  – ҳаво оқими элементидан юзага келган босим кучи.

#### **Топширик**

1. Суюқликни турбулент оқимининг ўртача тезлигини аниқлашнинг усулини таклиф қилинг.
2. Шамол тезлигини аниқлайдиган асбоб таклиф қилинг.

#### **Назорат саволлари:**

1. Қандай суюқлик идеал суюқлик деб аталади?
2. Оқим чизиғи деганимиз нима? Оқим найи деганимиз-чи?
3. Сиз суюқлик ва газ оқимларининг қандай турларини биласиз? Уларнинг ўзаро фарқлари қандай?
4. Суюқлик ва газ ҳаракатининг кинематик характеристикасининг маъноси қандай?



#### **Жавоби қандай?**

1. Нега дарёning кенг жойларида оқим ламинар, тор жойларида турбулент бўлади?

Нима сабабдан шаршара-даги сув оқими турбулент бўлади (74-расм)?



**74-расм.** Бурқон-булоқ шаршараси, Жунгория  
Олатови

2. Нега турбулент оқимда оқим элементларининг тезлиги ва босим оний қийматларини назарий жиҳатдан ҳисоблаш мумкин эмас?
3. Нега турбулент оқим сув транспортлари ва ҳаво кемалари учун хавфли?



- Деворга 200 Па босим берадиган шамолнинг тезлигини аниqlанг. Шамол деворга перпендикуляр урилади. Ҳавонинг зичлиги  $1,29 \text{ кг}/\text{м}^2$ .
- Баландлиги 30 м, узунлиги 50 м бўлган уй деворига шамолнинг берадиган босим кучини аниqlанг. Шамол тезлиги 40 м/с ва деворга  $30^\circ$  бурчак остида йўналган. Шамол босимини атмосфера босими билан таққосланг. Деворга яқин жойда ҳаво оқимини ламинар деб хисобланг.
- Агар диаметри 13 мм бўлган ламинар оқимнинг максимал кўтарилиш баландлиги 2 м бўлса, унинг қулаш нуктасидаги тезлиги ва сув сиртига туширадиган босим кучи қандай? Оқим чиқадиган қурилма фавворадаги сувнинг эркин сирти сатҳида горизонтга  $45^\circ$  бурчакда қотирилган. Ҳавонинг қаршилигини эътиборга олманг.

### Экспериментал топшириқ

Дарё (арик) қирғоғидаги ва ундан бироз масофадаги сув оқимининг тезлигини аниqlанг. Шу қисмлардаги оқим турларини тавсифланг. Дарёда (арикда) турбулент оқимли жойлар бор-йўқлигини аниqlанг. Қандай шартларда оқим турбулент бўлади?

### Ижодий топшириқ

Ахборот тайёрланг (танлов бўйича):

- Гидродинамиканинг асосчилари.
- Об ҳавони олдиндан айтишда гидро- ва аэродинамика қонунларининг қўлланилиши.
- Ламинар оқимли бошқариладиган фавворалар: тузилиши ва ишлаш принципи (75-расм).



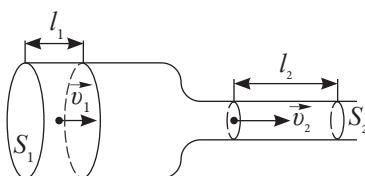
75-расм. Ламинар оқимли сув фаввораси, Нур-Султан

## 15§. Узлуксизлик тенгламаси. Бернулли тенгламаси. Күтарувчи күч

### Кутиладиган натыя:

Бу параграфни ўзлаштыргандай:

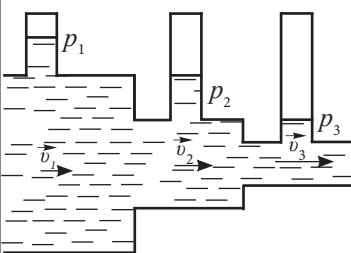
- узлуксизлик тенгламаси ва Бернулли тенгламасини экспериментал, сонлы ва сифат масалалар ечишида құлланға оласиз.



76-расм. Түрли кесимли оқим нағы

### Үз тажрибанғ

Түрли кесимли сувли нағларга уланган очиқ нағлардаги босимларни қуидеги ҳоллар учун үлчам: 1) сув тинч турибди; 2) сув нағ бүйлаб оқмоқда (77-расм).



77-расм. Найнинг түрли кесимларидағы суюқлик босимини үлчаш

### 1-топшириқ

Кичик юзали нағдаги босимининг пасайишими Ньютоннинг иккінчи қонуну ва узлуксизлик тенгламаси асосида тушунтириң.

### I Суюқлик ва сиқилмайдыган газ учун узлуксизлик тенгламаси

Оқим найининг юзалари  $S_1$  ва  $S_2$  тезликлари  $v_1$  ва  $v_2$  бўлган икки кесимини қарайлик (76-расм). Найдаги суюқлик ҳаракати стационар бўлсин. Стационар ҳаракатда барча қисмлар мос тезликлар билан фазо нукталарида ўтади.  $\Delta t$  вактда  $S_1$  юза орқали  $V_1 = S_1 l_1 = S_1 v_1 \Delta t$  ҳажмли суюқлик ўтади. Иккинчи  $S_2$  юза орқали шу вактда  $V_2 = S_2 l_2 = S_2 v_2 \Delta t$ . Сиқилмайдыган суюқлик учун  $V_1 = V_2$ , унда:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \text{ ёки}$$

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

Олиган муносабатни узлуксизлик тенгламаси деб аталади.

Сиқилмайдыган суюқликнинг тезликлари модули оқим нағи кесимининг юзига тескари пропорционал.

### II Ҳаракатдаги суюқлик ва газлардаги босим

Ўзгарувчан кесимли найдаги суюқлик босимини суюқлик манометри ёрдамида аниқлайлик (77-расм).

Тажрибадан найнинг кенг қисмларидаги босим унинг тор қисмларидағы қарaganда қўплиги маълум бўлди. Узлуксизлик тенгламаси асосида кесим катта жойда оқим тезлиги камлиги аниқланди.

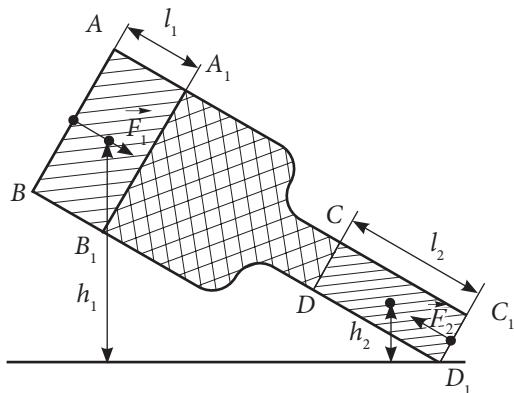
Суюқликнинг стационар оқимидаги оқим тезлигига оз бўлган қисмда босим кўп бўлади.

Суюқлик босимининг стационар оқим тезлигига боғлиқлигини математик кўринишда щвейцариялик физик Даниил Бернулли 1738 йил аниқлаган.

### III Бернулли тенгламаси

Найда ёки қувурда ҳаракатланадиган идеал суюқликка қўлланиладиган энергиянинг сакланиш қонуни Бернулли тенгламаси деган ном олди.

Үзгарувчан кесимли оқим найи горизонтта бирор бурчак остида жойлашган бўлсин (78-расм).



78-расм. Идеал суюқликнинг турли кесимли найдага оқими

Қувурнинг кенг қисмида  $AB$  кесим билан, тор қисмида  $CD$  кесим билан чегараланган суюқлик ҳажмини олиб қарайлик. Оғирлик кучи ва  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  ташқи босим кучларининг таъсирида суюқликнинг ажратиб олинган ҳажми  $\Delta t$  оз вақт ичида  $A_1B_1$  ва  $C_1D_1$  кесимлари билан чегараланган қувур қисмини олади. 78-расмга қараб,  $A_1B_1$  ва  $CD$  кесимлари орасидаги суюқлик энергияси ўзгаришсиз қолади деган хуносага келамиз. Ташқи кучларнинг иши  $AB$  ва  $A_1B_1$  кесимлари билан, қувурнинг тор қисмига ўтганда эса  $CD$  ва  $C_1D_1$  кесимлари билан чегараланган суюқлик энергиясининг ўзгариши билан аниқланади.

$$A = \Delta E. \quad (1)$$

$\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  ташқи кучларнинг ишини аниқлайлик:

$$A = A_1 + A_2 = F_1 l_1 - F_2 l_2 = p_1 S_1 v_1 \Delta t - p_2 S_2 v_2 \Delta t, \quad (2)$$

бу ерда:

$$F_1 = p_1 S_1, F_2 = p_2 S_2, l_1 = v_1 \Delta t, l_2 = v_2 \Delta t.,$$

Ажратиб олинган суюқлик ҳажмининг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтгандаги тўла механик энергиясининг ўзгаришини, потенциал ва кинетик энергия ўзгаришларининг ийғиндиси сифатида аниқлайлик:

$$\Delta E = \Delta E_k + \Delta E_p = \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (S_2 l_2 h_2 - S_1 l_1 h_1) \quad (3).$$

(2) ва (3) тенгламаларни (1) тенгламага қўяйлик ва  $S_1 v_1 \Delta t - S_2 v_2 \Delta t = \Delta V$  эканини эътиборга олсак:

$$(p_1 - p_2) \Delta V = \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2) + \rho g \Delta V (h_2 - h_1).$$

$\Delta V$  га қисқартиrsак, тенглама қуйидаги кўринишга келади:

$$(p_1 - p_2) = \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_2 - \rho g h_1$$

$$\text{бундан } p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho g h_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} \quad (4)$$

$$\text{ёки } p + \rho g h + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}. \quad (5)$$



### Жавоби қандай?

- $\vec{F}_2$  ташқи кучларнинг иши нега Бернулли тенгламасини келтириб чиқаришда манфий ишора билан олинган?
- Найдаги суюқликка таъсир этувчи  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  ташқи кучларни қандай курилмалар юзага келтиради?
- Агар суюқликни най ёки қувурнинг ингичка қисмидан кенгроқ қисмига томон йўналтиrsак нима бўлади?



### 2-топширик

- Кесими турли горизонтал қувурда;
- Учлари очиқ қия қувурларда оқадиган суюқлик учун Бернулли тенгламасини ёзинг.

Олинган (4) ва (5) ифодаларни идеал суюқлик учун Бернулли тенгламаси ёки ҳаркатланадиган суюқлик ва газ учун энергия зичлигининг сақланиш қонуни деб аталади.

Бернулли тенгламасига кўра:

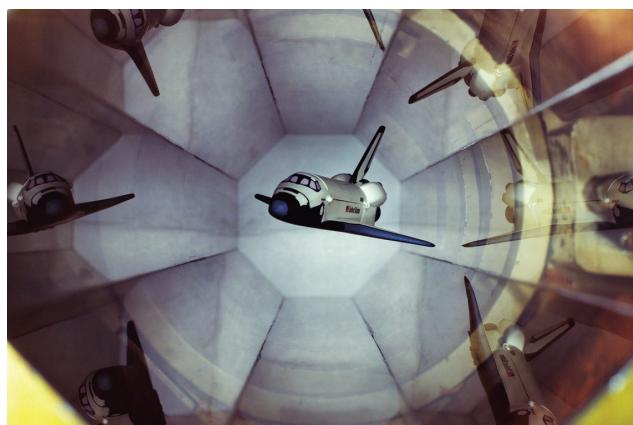
*Суюқликнинг стационар оқимидағи тўла босим шу оқим бўйлаб доимий бўлиб қолади.*

Тўла босим  $\rho gh$  оғирлик,  $\frac{\rho v^2}{2}$  статик ва динамик босимлардан (3) иборат.

#### IV. Қанотнинг кўтариш кучи

Ҳаводаги жисмларнинг ҳаракат қонунларини ўрганишга мўлжалланган асосий мослама аэродинамик қувур ҳисобланади.

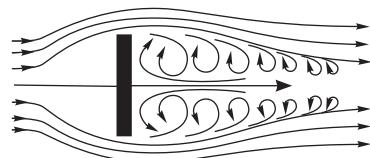
Кувурнинг бир учига қувватли вентилятор ўрнатилади, уни электродвигатель орқали айлантирамиз (79-расм). Уларда факат моделлар эмас, ҳақиқий самолётлар ҳам синалади, аэродинамик қувурлар турли ўлчовда бўлиши мумкин.



79-расм. Аэродинамик қувурда самолёт моделини синаши

80-расмда ҳавони текислиги аэродинамик қувурдаги оқимга перпендикуляр йўналган пластиинани ўраб оқиш манзараси берилген. Ҳаво зичлиги пластиинанинг олдида ортади, орқасида камаяди. Ҳаво сийраклашган фазога қараб йўналади ва қуюнни юзага келтиради.

Яна шу вақтда пластина тик ҳолатда кўчмайди. Агар пластина ва ҳаво оқими орасида ўткир бурчак ҳосил бўлса, унда босимлар фарқи аэродинамик кучни юзага келтириб, пластина кўтарилади (81-расм) ёки пастга тушади. Бурчак ҳужум бурчаги деб аталади, уни грекча  $\alpha$  ҳарфи билан белгиланади.

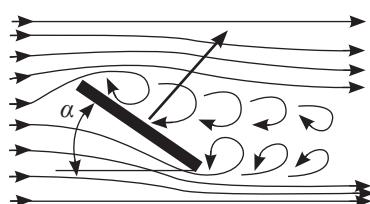


80-расм. Ҳаво оқимини оқим йўналишига перпендикуляр ясси пластинани айланниб оқиши



#### Жавоби қандай?

1. Тез юрадиган поезднинг ёнида туриш нима учун хавфли?
2. Нега қарама-қарши йўналишда сузиг бораётган кемалар бир-биралининг ёнидан ўтишда тўқнашиб кетиши мумкин? Тўқнашувнинг олдини олиш учун нималар қилиш керак?

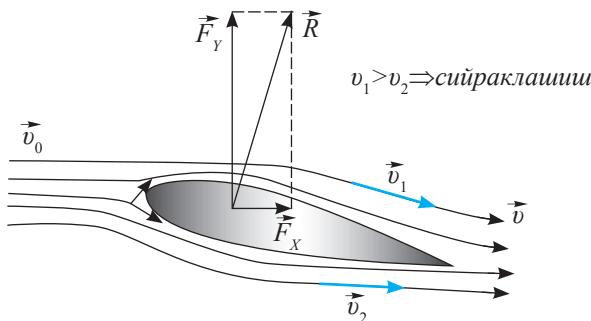


81-расм. Аэродинамик куч ҳужум бурчагига боғлиқ

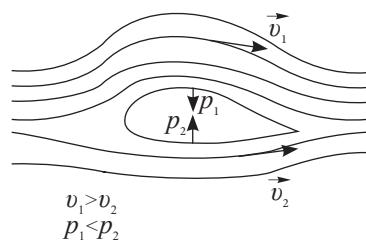
Аэродинамик күч фақат ҳужум бурчагига эмас, балки қанотнинг носимметрик профилига ҳам боғлиқ. Қанот устидаги ҳаво оқимининг тезлиги, қанот остидагига қараганда кўп бўлади, сабаби устки қисм кўпинча дўнгроқ бўлади (82-расм).

Бернулли тенгламасига кўра қанотнинг пастки қисмидаги босим устки қисмидагига қараганда каттароқ бўлади. Қанотга келувчи оқимнинг тезлиги ортгани сайн босимлар фарқи ва  $F_y$  кўтарувчи күч ва  $F_x$ -га рўпара қаршилик кучига бўлинувчи аэродинамик күч  $R$  ҳам ортади (83-расм).

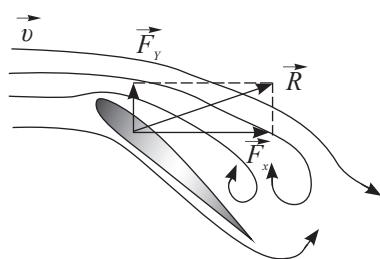
Қиялик бурчаги ортгани сайн, кўтарувчи күч ортади, рўпара қаршилик камаяди. Ҳужум бурчагининг критик қийматида оқим қанотнинг сиртидан ажралади, кўтарувчи күч йўқолади, қаршилик кучи бирдан ортади. Самолёт «штопорга» киради (84-расм).



**83-расм.**  $F_y$  кўтарувчи күч ва  $F_x$  рўпара қаршилик кучи – аэродинамик  $R$  кучнинг ташкил этивчилари



**82-расм.** Аэродинамик күч қанот кесимининг шаклига боғлиқ



**84-расм.** Ҳужумнинг критик бурчаги самолётни «штопорга» киритади

### Бу қизиқ!

Аэродинамиканинг ривожланишида «рус авиациясининг отаси» Николай Егорович Жуковский (1847–1921) катта ҳисса қўшган. Жуковский биринчи бўлиб қанотнинг кўтариш кучини ҳосил бўлишини тушунтириб берди ва шу кучни ҳисоблаш теоремасини таърифлади.

### Назорат саволлари:

- Узлуксизлик тенгламасини таърифланг. У қандай суюқликлар ва газлар учун ўринли?
- Найдаги суюқликнинг босими суюқлик оқимининг тезлигига қандай боғлиқ?

3. Бернулли тенгламаси қандай кітапханалыңдың үзаро мұносабатини үрнатади?
4. Қандай күчні рұпара қаршилик күчі деб аталади? Қандай күчні күттаруучи күч деб аталади?



## Машқ

15

1. Горизонтал қувурнинг кенг қисмидә  $1,5 \cdot 10^5$  Па босимда сув 8 см/с тезликда оқади. Қувурнинг тор қисмидә босим  $1,4 \cdot 10^5$  Па. Ишқаланиш күчини эътиборга олмай, қувурнинг тор қисмидаги оқим тезлигини аниқланг.
2. Қувурнинг кенг қисмидә нефть 2 м/с тезликда оқади. Агар қувурнинг кенг ва тор қисмларидаги босимлар фарқи 50 мм сим.уст. бўлса, унда уннинг тор қисмидаги нефть оқимининг тезлиги қандай?
3. Кесими ўзгарувчан горизонтал қувур бўйлаб сув оқмоқда. Қувурнинг тор ва кенг қисмлари кўндаланг кесим юзалари мос ҳолда  $10 \text{ см}^2$  ва  $20 \text{ см}^2$ . Кўрсатилган сув устунлари кесимларидаги босимлар фарқи 200 мм сим. уст. Қувурнинг ихтиёрий олинган кесимидан 1 с да ўтадиган сувнинг ҳажмини аниқланг.
4. Қувур горизонтал жойлашган. Диаметри  $D$  бўлган қувурнинг кенг қисмидә поршен жойлашган, унга  $F$  доимий күч таъсир этади. Қувурнинг тор қисмидеги диаметри  $d$ , ундан сув оқади. Поршеннинг кўчиш тезлигини аниқланг. Ишқаланиши ҳисобга олманг.

## Ижодий топширик

Ахборот тайёрланг (тандов бўйича):

1. Варракни тайёрлаш ва учирыш технологияси.
2. Самолётларнинг учириш режимлари.
3. Сув насосининг, карбюраторнинг тузилиши ва ишлаш принципи.

## 16§. Ёпишқоқ суюқлик оқими. Стокс формуласи. Жисмларни ўраб оқиш

### Кутиладиган натижага:

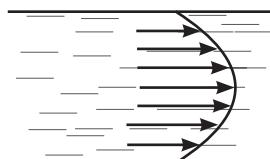
Бу параграфни ўзлаштирғанды:

- экспериментал, миқдорий ва сифат масалаларни ечишда Торричелли ва Стокс формулаларидан фойдалана оласиз.

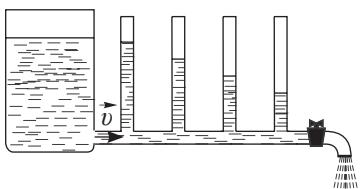


### Жавоби қандай?

1. Нега суюқ елим паст температурада чүзилувчан бўлиб қолади?
2. Нега мойнинг томчиси шиша сиртида сув томчисига қарагандা секин оқади?



85-расм. Кувур ўртасида сув оқимининг тезлиги максимал бўлади



86-расм. Оқим йўналиши бўйича суюқлик босимининг пасайиши

### I Ёпишқоқ суюқлик оқими

Кувурдаги ёки дарёдаги турли суюқлик қатламларининг оқим тезлиги бирдай эмас. Кувурнинг четидаги ёки дарё қирғоги ва тубидаги тезлик ўртасидагига қараганда камроқ бўлади. 85-расмда кувурнинг кесими бўйича суюқлик тезлигининг тарқалиши кўрсатилган: тезлик кувурнинг деворларида нолдан бошланиб, ўртасида энг катта қийматга етади. Тезликларнинг турлича бўлиши суюқликнинг ёпишқоқлигига боғлиқ ёки унинг қатламлари орасидаги ички ишқаланиш кучининг таъсири билан тушунтирилади.

**Ёпишқоқлик – суюқликнинг бир қисмининг бошқасига нисбатан кўчишига қаршилик қилувчи реал суюқликларнинг хоссаси.**

Температура пасайиши билан суюқликнинг ёпишқоқлиги ортаверади. Дарёдаги сувнинг тезлиги куз фаслида камаяди ва қиши фаслида амалда тўхташи мумкиин.

Ички ишқаланиш кучининг таъсирида кувур бўйлаб суюқлик оқимининг йўналиши бўйича босим камаяди, яъни кувурнинг бошидан узоклашган сайин, оқаётган суюқликнинг босими кам бўлади. Бунга 86-расмда тасвирланган асбоб ёрдамида тажриба ўтказиб ишонч ҳосил қиласиз.

Агар асбоб жўмраги ёпик бўлса, унда барча манометр найларида суюқлик сатҳи бирдай бўлади, тинч турган суюқлиқда ишқаланиш кучи бўлмайди. Сув кувурларида кувурдаги босимнинг камайишини хисобга олиш керак, очик турган жўмраклар сони кўп бўлгани сайин сув тезроқ оқади ва сувнинг босими тезроқ пасаяди. Кувурда суюқликнинг стационар



### Эсада сақланг!

Турли кесимли кувурдан тузилган сув кувурларида босимнинг тушишига таъсир қилувчи факторлар: кувур кесими юзасининг кичрайиши, суюқликнинг ёпишқоқлиги.

оқимини таъминлаб туриш учун унинг кириши ва чиқишида босимлар фарқи мавжуд бўлиши керак.

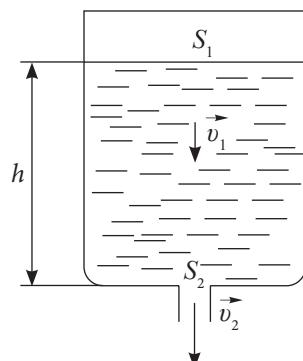
### 1-топшириқ

Бернулли тенгламасидан фойдаланиб, найча тешигидан оқадиган сувнинг тезлигини ҳисоблаш формуласини чиқаринг (87-расм). Э.Торричелли олган формула билан солиштиринг:

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

### Жавоби қандай?

*Нега тешиги бор найдаги идеал суюқлик устуни баландлигининг камайиши тешик орқали ўтувчи суюқликнинг оқиши тезлигининг қийматига таъсир этмайди?*



87-расм. 1-топшириқка

## II Суюқлик ва газларда жисмларнинг ҳаракати. Стокс формуласи

Суюқлик ва газларда жисмлар ҳаракатланганда қаршилик кучи пайдо бўлади. Улар икки сабабдан юзага келади:

- 1) жисм юзасига муҳитнинг ишқаланиши таъсирида
- 2) жисмни ўраб оқаётган суюқлик ёки газ оқими нинг ўзгаришидан.

**Муҳитнинг олдинги қаршилик кучи муҳитнинг ёпишқоқлигига, шу билан бирга жисмнинг ҳаракат тезлигига, унинг ўлчамларига ва шаклига боғлиқ.**



88-расм. Вискозиметр

Ёпишқоқ суюқликка ёки газга тушиб бораётган шарга таъсир этувчи одинги қаршилик кучи Стокс формуласидан аниқланади, у гидродинамикага катта ҳисса кўшган инглиз физиги Джордж Габриел Стокснинг хурматига шундай аталган:

$$F = 6\pi\eta r\nu,$$

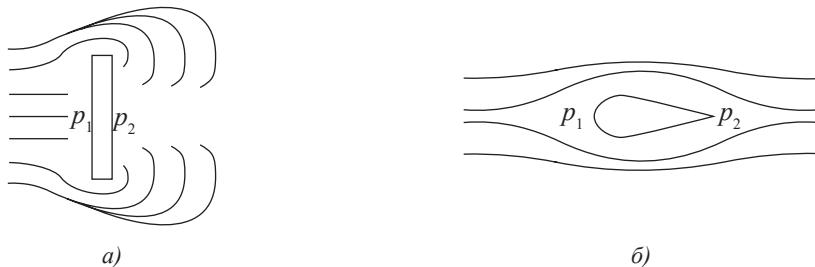
бу ерда:  $\eta$  – суюқликнинг ёки газнинг ички ишқаланиш коэффициенти, динамик ёпишқоқлик, ўлчов бирлиги [ $h$ ] – 1 Па;  $r$  – шар радиуси;  $\nu$  – шарнинг тезлиги.

Стокс формуласи суюқликларнинг ёпишқоқлигини аниқлашга имкон беради. Суюқлик ёпишқоқлигини аниқловчи асбобларни вискозиметрлар деб аталади. Геплер вискозиметрининг таъсири Стокс қонунига асосланган, у – найга қуйилган ёпишқоқ суюқлик (88-расм). Ёпишқоқлик вискозиметр найдаги белгилар орасидаги тушиб бораётган шарларнинг тушиш тезликлари бўйича аниқланади, унинг ўлчаш хатолиги 1%–3% орасида.

## III Суюқликларни жисмларни ўраб оқиши

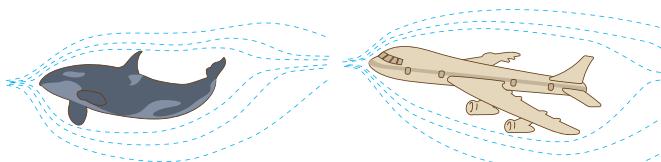
Суюқлик ёки газ оқимининг ўзгаришидан юзага келган қаршилик кучини камайтириш учун қаттиқ жисмларни ўраб окишнинг қулай шакллари қўлланилади. 89-расмда пластина атрофидаги ва тўлиқ ўраб оқиладиган жисмларнинг оқим чизиклари кўрсатилган. Пластина ортида тартибсиз уюрмавий ҳаракат

соҳаси ҳосил бўлади, бу ерда босим жуда паст бўлади (89, а-расм), жисм оқим қизиқлари йўналишини озгина бузади (89, б-расм).



**89-расм.** Мұхитнинг қаршилиқ күчи жисмнинг шаклига боғлиқ

Тезликнинг кичик қийматида жисмнинг олд қисмидаги босимнинг кўтарилиши, орткى қисмдаги босимнинг пасайишига қараганда аҳамияти камрок, шунинг учун жисмнинг орқа томони шаклига кўпроқ эътибор берилади (90-расм). Бундай шакл самолётларда, дирижаблларда, сувости қемаларида, тез суздиган денгиз жониворлари: дельфинлар, акулалар, китларда бўлади.



**90-расм.** Тезликлар оз бўлганда ўраб оқишига қулай шакл жисмнинг орткى томонига берилади

Товуш тезлигидан катта тезликда ҳаракатланганда ҳаво қаршилиги жисмнинг олд қисмида қаттиқ ортади.

Товуш тезлигидан катта тезликда ҳаракатланган самолётларнинг, ракета ва снарядларнинг тумшук қисмидаги сиқилган ҳаво жисмнинг ҳаракат йўналиши бўйича кета олмайди, жуда қувватли товуш тўсиғи ҳосил бўлади. Ҳаво қаршилигини камайтириш учун ҳаракатланётган жисмнинг олд қисмини учқур қилиш керак (91-расм). Шу мақсадда товуш тезлигидан катта тезликларда ҳаракатланадиган самолётлар ҳаво зичлиги ва қаршилиги анча кам бўлган юқори баландликларда учади.

### Жавоби қандай?

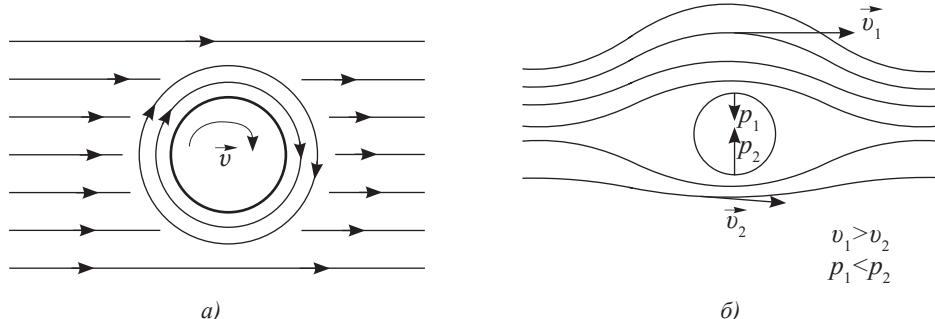
- Нега тезлик оз бўлганда самолётнинг дум қисми, товуш тезлигидан катта тезликларда олд қисми ўраб оқишига қулай бўлиши керак?
- Товушдан катта тезликларда ҳаракатланадиган самолётларда реактив тортиши кучини ҳосил қилиш учун нега парраклар (пропеллер) эмас реактивдвигателлардан фойдаланилади?
- Барча жисмлар учун ҳаво ёки суюқлик қаршилигини ҳисоблайдиган ягона формула нега йўқ?



**91-расм.** Товуш тезлигидан катта тезликда учадиган самолётнинг олд қисмiga қулай шакл берилган

#### IV Магнус эффиқти. Ҳаво циркуляцияси

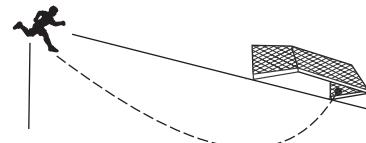
Айланаётган цилиндрнинг ҳаво оқими билан текис ўраб оқишини қарайлик. Айланаётган цилиндр ҳавонинг ўзига тегиб турган қатламларини (92, *a*-расм) айланма ҳаракат келтириб, эргаштириб кетади. Илгариланма ва айланма ҳаракат тезликларини қўшиш цилиндр атрофидаги ҳаво оқими тезлигининг ўзгаришига олиб келади:  $v_1 > v_2$  (92, *b*-расм). Натижада тури томонлардан таъсир этувчи босим турлича бўлади. Бернулли қонуни асосида босим  $p_1 < p_2$ . Цилиндрга қўйилган тенг таъсир этувчи куч оқим йўналишига перпендикуляр йўналади ва натижада цилиндр кўтарилади.



**92-расм.** Ҳаво қатламининг циркуляцияси натижасида кўтарувчи кучнинг юзага келиши

Айланаётган тўпнинг атрофидаги ҳаво циркуляцияси унинг ҳаракат йўналишини ўзгаришига олиб келади, натижада футбол майдонининг бурчагидан гол уриш имкони юзага келади (93-расм).

Ҳаво айланаётган жисмни ўраб оққандада оқимга перпендикуляр кучнинг пайдо бўлиши *Магнус* эффиқти деб аталади. Бу шу ҳодисани ўргангандан немис олимининг ҳурматига шундай аталган.



**93-расм.** Магнус эффиқти натижасида тўпнинг учиши траекториясининг ўзгариши



#### Жавоби қандай?

Енгил машиналарда нима учун спойлер ўрнатилади? (94-расм)?



**94-расм.** Спойлери бор автомобиль



#### 2-тотшириқ

Магнус эффиқти кузатиласидан ҳодисалар рўйхатини давом эттиринг: бумерангни учиши, довул уй томини юлиб олади, қаттиқ шамол зонтикни ағдараади; кўрсичон ини ағдарилади.

## Назорат саволлари:

- Суюқликнинг ёпишқоқлиги деганимиз нима?
- Ички ишқаланиш кучи қувурлардаги суюқликнинг оқим тезлигига қандай таъсир қиласиди?
- Суюқликлар ва газларда ҳаракатга қаршилик кучларининг пайдо бўлиш сабабларини кўрсатинг.
- Суюқлик ёпишқоқлиги қандай аниқланади? Уни нима билан ўлчайди?
- Магнус эфектининг маъноси қандай?
- Айланадиган жисм ва самолёт қанотидаги кўтарувчи кучларнинг юзага келиш сабабларида қандай фарқлар бор?
- Қандай кучни пешона қаршилик кучи деб аталади? Қандай кучни кўтарувчи куч деб аталади?



## Машқ

16

- Сув билан тўлдирилган баландлиги 50 см бакнинг тубида юзи  $1 \text{ см}^2$  бўлган тешик бор, у бак кесим юзасидан анча кичик. Агар тешикни очсак, ундан сув оқади. Бак тубидан баландлиги 20 см кичик оқимнинг кесим юзаси нимага teng?
- Фаввора тик оқимининг горизонтал кесим юзаси қандай баландликда қувурдаги чиқиш тешигидан 3 марта катта? Чиқиш тешигидаги сувнинг тезлиги 9 км/соат. Ҳаво қаршилигини эътиборга олманг.
- Сув қувурида кесими  $4 \text{ мм}^2$  бўлган тешик очилди, ундан тик юқорига қараб 80 см баландликка сув отилиб ётибди. Сутка давомида сувнинг сарфи қандай?
- Шар доимий тезлик билан суюқликда сузуб боряпти, сувнинг зичлиги шар ясалган материалнинг зичлигидан 4 марта катта. Шарга таъсир этувчи ишқаланиш кучи шу шарнинг оғирлигидан неча марта катта?
- Агар ҳавонинг динамик ёпишқоқлиги  $1,2 \cdot 10^{-5}$  Па·с teng бўлса, диаметри  $d = 0,3$  мм бўлган ёмғир томчисининг энг катта тезлиги қанчага етиши мумкин?
- Диаметри 1 мм пўлат шар майсанга мойи билан тўлдирилган катта найда  $0,185$  см/с доимий тезликда қулайди. Майсанга мойининг динамик ёпишқоқлигини аниқланг. Майсанга мойининг зичлиги  $900 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

## Экспериментал топшириқ

Магнус эфектини кўрсатадиган тажрибани тушунтиринг, видеотасвир тайёрланг.

## 5-бобнинг хуносаси

Узлуксизлик тенгламаси	$S_1 v_1 = S_2 v_2$
Бернулли тенгламаси	$p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho g h_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$ $p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = \text{const}$
Торричелли формуласи	$v_2 = \sqrt{2gh}$
Стокс формуласи	$F = 6\pi\eta rv$

### Гидро- ва аэродинамика нинг асосий тенгламалари

**Узлуксизлик тенгламаси:** Сиқилмайдиган суюқликнинг тезликлар модули оқим найининг кесим юзаларига тескари пропорционал.

**Бернулли тенгламаси:** Суюқликнинг барқарор оқимидағи тұла босим шу оқим бүйлаб доимий бўлади.

### Глоссарий

**Вискозиметр** – суюқликнинг ёпишқоқлигини ўлчовчи асбоб.

**Гидро- ва аэродинамика** – суюқликлар ва газларнинг ҳаракатини, шунингдек ҳарактлананётган суюқликлар ва газларнинг қаттиқ жисмлар билан ўзаро таъсиrlарини ўрганадиган механика бўлими.

**Идеал суюқлик** – ёпишқоқлиги ва сиқилиши эътиборга олинмайдиган суюқлик.

**Оқим чизиги** – фазонинг ҳар бир нүктасида суюқлик оқими тезлигининг йўналиши билан урунмалари мос келадиган чизиктар.

**Суюқликнинг барқарор оқимидағи тұла босим** – оғирлик, статик, динамик босимларнинг йиғиндиси.

**Оқим элементи** – ҳаракат вақтида шакли ўзгаришини эътиборга олмаса бўладиган суюқликнинг (газнинг) шартли равишда ажратилган кичик ҳажми.

**Ламинар оқим** – суюқликнинг қатламлари аралашмай, бир-бирига нисбатан сирпаниб ҳаракатланиши.

**Турбулент оқим** – суюқлик қатламларининг аралашиб қуонга айланиши.

**Стационар оқим** – фазонинг барча нүкталаридаги суюқлик элементининг тезлиги вақт ўтиши билан ўзгармайдиган оқим.

**Ёпишқоқлик** – суюқликнинг бир қисмининг бошқасига нисбатан кўчишига қаршилик кўрсатадиган ҳақиқий суюқликларнинг хоссаси.

**Мұхитнинг пешона қаршилик кучи** мұхитнинг ёпишқоқлигига, шу билан бирга жисмнинг ҳаракат тезлигига, унинг ўлчовларига ва шаклига боғлик.

Молекуляр физикада иссиқлик жараёнларини ўрганиши учун икки усул қўлланилиади: статистик ва термодинамик.

Статистик усулнинг асосида молекуляр-кинетик назария ётади. Бу назарияда физик жараёнлар модданинг ички тузилиши ҳақидаги билимлар асосида қаралади.

Модданингичкитузилиши ҳақидагигашунчани қўлланмай, термодинамика қонунларининг асоси билан системани тўлиқ характеристиковчи параметрлар – температура, босим ва ҳажмдан фойдаланиб, иссиқлик ҳодисаларини ўрганишига мўлжалланган усул – термодинамик усул деб аталади.

## 6-БОБ

# МОЛЕКУЛЯР-КИНЕТИК НАЗАРИЯ АСОСЛАРИ

Модданинг атом тузилиши ҳақида гипотезани дастлаб Демокрит таклиф қилди. Молекуляр-кинетик назарияни шаклланишида рус олими М.Ломоносов, немис физиги Р.Клаузиус, инглиз физиклари Ж.Жоуль, Ж.Максвелл, австрия физиги Л.Больцманлар катта ҳисса қўшишди. XX асрга келиб турли моддалар молекулаларининг ўлчови, массаси ва тезлиги ўлчаниб, молекулалардаги атомларнинг жойлашиши аниқланди, яъни модда тузилишининг молекуляр-кинетик назарияси тўлиқ якунланди.

### Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:

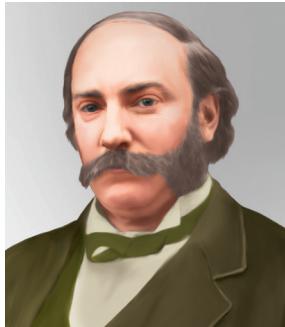
- молекулаларнинг илгариланма ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси ва температуранинг боғланишини тавсифлашни;
- идеал газ моделини тавсифлашни;
- масалалар ечишда молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламаларини қўллашни ўргансизлар.

## 17§. МКН асосий қоидалари ва уларнинг экспериментал далиллари

### Кутиладиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштиргандага:

- МКН асосий қоидаларига далил келтиришини, иссиқлик ҳодисаларини МКН асосида тушунтиришини, молекула массаси ва ўлчамларини, молекула сони ва модда миқдорини ҳисоблашни ўрганасиз.



Джон Уильям Стретт лорд Рэлей (1842–1919) – инглиз физиги, механик, 1904 йили физика бўйича «Газсимон элементларнинг зичлигини текширгани ва унга боғлиқ аргонни кашф қилгани учун» Нобель мукофотини олган. 1879 йили Рэлей Кембридж университети профессори ва Кавендиш лабораторияси директори бўлди. 1908–1919 йиллари эса Кембридж университети президенти бўлган.



95-расм. Тўкилган нефть

### I Молекуляр-кинетик назариянинг асосий қоидалари

Диффузия ва броун ҳаракати, капилляр бўйича суюкликнинг хўллаши ва кўтарилиши, буғланиш ва қайнаш, эриш ва кристалланиш каби ҳодисаларни МКН – молекуляр-кинетик назария ва унинг уч қоидаси асосида осон тушунтириш мумкин:

- Барча моддалар майдадарлар – оралиги бўшлиқ билан ажратилган молекулалар ва атомлардан ташкил топган.
- Модданинг зарралари узлуксиз ва тартибсиз ҳаракатланади.
- Модда зарралари бир-бири билан ўзаро таъсирлашади.

### II МКН I қоидасининг экспериментал далили

МКТ I қоидасининг ишончли далили молекулалар массалари ва ўлчамларини баҳолаш бўлди, буни инглиз физиги Дж. Рэлей исботлаган. У олеин мойи томчилари сув сиртида қалинлиги бир молекуланинг диаметридай қатлам ҳосил қилиб ёйилади деб тахминлаб, унинг ўлчамини аниқлади:

$$d = \frac{V}{S},$$

бу ерда  $d$  – молекула диаметри,  $V$  – ёйилган томчи ҳажми,  $S$  – томчи юзи.

Молекуланинг ҳажмини  $V_0 = d^3$  га тенг деб олиб, уларнинг модданинг барча ҳажмидаги сонини аниқ-

лади:  $N = \frac{V}{V_0}$ .

#### ! Эътибор беринг!

- Тўкилган 1 тонна нефть океан сиртида 1/16 мкм юпқа қатлам тарзида ёйилиб,  $12 \text{ km}^2$  юзани олади (95-расм).

#### © Ўз тажрибанг

- Молекуланинг ўлчами тахминан  $10^{-9} \text{ m}^3$  ташкил этади деб олиб, дарслекнинг бир бетидаги молекулалар сонини аниқланг.
- Кўлда ясалган палетка ёрдамида нефть доғининг юзини аниқланг. Масштаб М 1:100000 эканини хисобга олинг.

Томчи массаси ва ундағы молекулалар сони маълум бўлганда, у бир молекуланинг массасини хисоблаб топди:

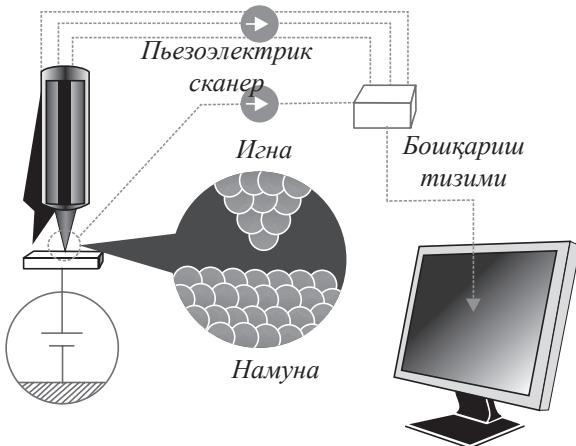
$$m_0 = \frac{m}{N}.$$

Рэлей методи бўйича ўтказилган тажриба молекула ўлчами тахминан  $10^{-9}$  м, унинг массаси эса тахминан  $10^{-26}$  кг эканини кўрсатди.

Олимлар электрон, ундан кейин туннел микроскопларни ўйлаб топиб, қўллагандан сўнг МКН I қоидасининг тўғрилигига ҳеч гумон қолмади.

Ишлаш принципи моддаларнинг сиртларини сканерлашга асосланган туннел микроскопнинг ёрдимида молекулалар ва атомларнинг жойлашиши расмлари олинган (97-расм).

Сканерловчи туннел микроскопнинг металл игнаси объект устида ундан нанометрдан ҳам кичик масофада сирпанади (98-расм). Ҳаракат вақтида игнага кичик потенциал берилади, натижада игна ва намуна орасида туннел ток ҳосил бўлади ва намунадаги электронлар игнагача масофани юриб ўтиб, игнага ўтади. Электронлар сони игна учигача масофага боғлик, шунинг учун туннел токнинг каталигини аниқлаш орқали, олимлар намуна сирти рельефининг қандайлигини тушуна олади. 1986 йили Цюрихдаги IBM компаниясининг тадқиқот маркази хизматчилари Г.Биннинг ва Г.Рорелларга шу натижалари учун Нобель мукофоти берилди.

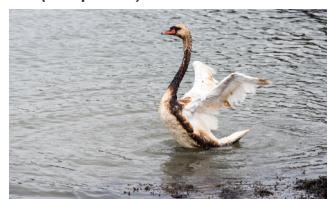


**98-расм.** Туннел микроскопнинг ишлasi принципи

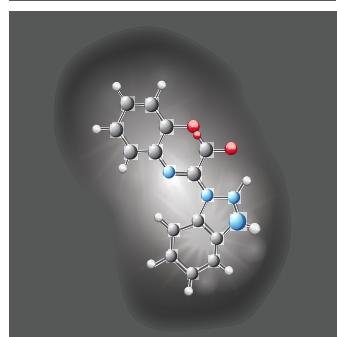


### Жавоби қандай?

1. 550 минг тонна юк кўтарувчи танкердан тўқилган нефтнинг юзасини аниқланг. Уни Кастий дengизининг юзаси билан солишиerring (371000 км<sup>2</sup>)?
2. Нефть тўқилиши қандай экологик муаммоларни юзага келтиради (96-расм)?



**96-расм.** Нефть тўқилган зонада қуилар ва ҳайвонларнинг ҳалок бўлиши



**97-расм.** Моддалаги молекулаларнинг жойлашиши расми

### III Нисбий молекуляр ва моляр масса. Модда миқдори. Авогадро сони

Нисбий молекуляр масса, моляр масса, модда миқдори ва уларнинг ўлчов бирликлари ўлчовлар ва оғирликларнинг Халқаро Баш конференцияда киритилган. Бу катталиклар сизларга химия курсидан маълум. Уларни эсга туширайлик:

8-жадвал. МКН асосий катталиклари

Таъриф	Формула	Ўлчов бирлик
<b>Модданинг нисбий молекуляр массаси <math>M_r</math> –</b> берилган модда молекуласи массасининг углерод атоми массасининг 1/12 кисмига нисбатига teng катталик.	$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{oC}}$	Ўлчов бирлиги бўлмайди
Модда миқдори – берилган жисмдаги молекулалар сонининг 0,012 кг углероддаги атомлар сонига нисбатига teng катталик. <b>Моль – 12 г углеродда қанча атом бўлса, шунча молекуладан иборат модда миқдори.</b>	$v = \frac{N}{N_A}$ $v = \frac{m}{M}$	$[v] = 1 \text{ моль}$
<b>Моляр масса</b> – бир моль миқдорида олинган модданинг массаси.	$M = m_0 N_A$ $M = M_r \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{молб}}$	$[M] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{молб}}$

### V Штерн тажрибаси МКТ II қоидасининг далили сифатида

1920 йили немис физиги Отто Штерн молекулаарнинг ўртача тезликларини аниқлаш учун тажриба ўтказди. Горизонтал текис асосга  $00_1$  ўқи атрофида айланадиган (1) ва (2) икки коаксиал цилиндрик сиртларни қотирди (99-расм).

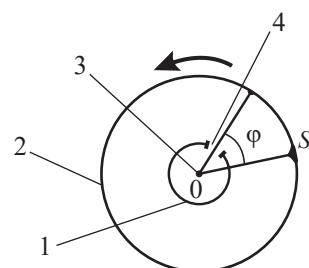
Ички цилиндрнинг тор тешиги (4) бор. Барча система вакуумда жойлашган. У  $00_1$  ўқи бўйлаб кумуш қопланган ва юқори ҳароратгача қиздирилган платина симни (3) жойлаштириди. Кумуш атомлари симдан буғланиб чиқиб, ички цилиндрнинг (1) деворидаги тор тешикдан ўтиб, ташки цилиндрнинг ички деворигача етиб бориб, тешикка қарама-қарши тор йўлакчага йигилади. Цилиндрлар ә бурчак тезлиқда айланганда эса, ташки цилиндр атомларга иккинчи цилиндрнинг деворига етиши учун керакли  $t$  вакт ичida  $\phi$  бурчакка бурилади. Натижада атомларнинг аввалги йўлакчаси  $S$  масофага ёйилиб кетган йўлак кўринишини олади. Икки цилиндр орасидаги кумуш атомлари ҳаракатининг ўртача тезлигини Штерн қўйидагича аниқлади:

$$v = \frac{R - r}{t} \quad (1)$$



#### Эсда сакланг!

Исталган модданинг бир молида молекулалар миқдори бирдай бўлади, бу сон италия олимни, физик ва химик А.Авогадронинг хурматига Авогадро сони деб аталган,  
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ -га teng.



99-расм. Штерн тажрибаси қўрилмаси схемаси

бу ерда  $R$  – ташқи цилиндр радиуси,  $r$  – ички цилиндрнинг радиуси.

Кумуш йўлакнинг оғишини цилиндрнинг айланиш тезлиги орқали ифодалаймиз:

$$S = v_{\text{u}} t = \omega R t \quad (2),$$

бу ерда  $v_{\text{u}}$  – ташқи цилиндрнинг айланишининг чизиқли тезлиги, Штерн атомларнинг цилиндрлар орасида учиш вақтини аниқлаган:

$$t = \frac{s}{\omega R}$$

Шу формулани (1) формулага қўйиб, қўйидаги формулани оламиз:

$$v = \frac{\omega R (R - r)}{s} \quad (3)$$

$R$ ,  $r$ ,  $\omega$  ва  $S$  қийматлари маълум бўлганда, тажрибада кумуш атомлари ҳаракатининг ўртача тезлиги аниқланди ва у  $650 \text{ м/с}$  га teng бўлди.

## VI Молекулаларо ўзаро таъсир кучлари МКН III қоидасининг исботи сифатида

100-расмда графиклар берилган: 1-график – атомлар орасидаги итаришиш кучининг, 2-график – атомларнинг тортишиш кучининг уларнинг орасидаги масофага боғлиқлигига мос келади, 3-график – молекуляр ўзаро таъсирнинг натижавий кучи. Графикдан  $r \leq r_0$  бўлганда, итаришиш кучи,  $r \geq r_0$  бўлганда эса тортишиш кучи мавжудлиги кўринади.  $r = r_0$  масофада тортишиш ва итаришиш кучлари teng бўлади, шу сабабли teng таъсир этувчи куч нолга teng:  $F = 0$ .

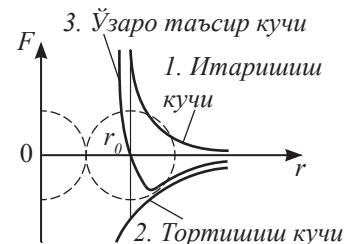
Кучнинг масофага боғлиқлик графиги молекулаларо кучлар молекулаларнинг ўлчамларига ўлчовдош масофаларда пайдо бўлишини исботлайди. Молекуланинг 2-3 ўлчовига teng масофаларда эса молекулаларо ўзаро таъсир кучлари йўқолиб кетади.



Отто Штерн (1888–1969) – немис физиги. 1923 йилдан бошлаб Гамбург университети физика-химия лабораториясининг профессори ва директори бўлган. 1933 йилдан бошлаб Питсбургдаги (АҚШ) Карнеги Технология институти профессори. 1943 й. Штерн физика бўйича Нобель мукофотини олган.

### Муҳим ахборот

Мураккаб молекулаларнинг молекуляр массаларини Менделеев жадвалидан фойдаланиб, ундаги элементларнинг нисбий атом массаларини  $Ar$  кўшиши орқали аниқлаймиз. Масалан, сувнинг молекуляр массаси ( $H_2O$ ):  $M_r(H_2O) = 2Ar(H) + Ar(O) \approx 2 \cdot 1 + 16 = 18$



100-расм. Атомлараро таъсир кучининг уларнинг орасидаги масофага боғлиқлик графиги

### Жавоби қандай?

- Штерн тажрибасидаги қурилма нега вакуум камерага жойлаштирилган?
- Штерн тажрибасида айланувчи цилиндрнинг сиртига ўтирган кумуш қатлами қалинлиги нега ҳамма жойда бирдай эмас?

## Назорат саволлари

1. Молекуляр-кинетик назариянинг асосий қоидаларини таърифланг.
2. Қандай масса нисбий молекуляр масса деб аталади? Қандай масса моляр масса деб аталади?
3. Молекула сони деб қандай катталикка айтилади, уни нима билан ўлчайди?
4. Штерн тажрибасининг моҳияти нимада?
5. Молекулаларо таъсир кучларининг қандай хусусиятлари бор?

## ★ Машқ

17

1. Инерт газнинг  $14,92 \cdot 10^{25}$  молекуласининг массаси 5 кг. Бу қандай газ?
2. Амазонка соҳилида массаси 62,3 кг бўлган йирик тоза олтин топилган. Унинг модда миқдорини аниқланг.
3. Сув юзига томизилган зичлиги  $\rho = 920 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , массаси 0,023 мг минерал мой томчиси ҳосил қилган юзи  $60 \text{ см}^2$  қатламдаги молекулалар бир қаторда жойлашган деб, уларнинг ўлчамларини аниқланг.
4. Алюминийнинг зичлиги  $2,7 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . 1 м<sup>3</sup> алюминийда қанча модда миқдори бор?
5. Асбобнинг айланиш частотаси  $150 \text{ с}^{-1}$  бўлганда, Штерн тажрибасида кумуш жуфти молекулаларининг бурчак оғиши  $5,4^\circ$  бўлса, уларнинг тезликлари қандай бўлиши мумкин? Ички ва ташқи цилиндрлар орасидаги масофа 2 см.

## Ижодий топшириқ (танлов бўйича).

1. Нефть танкерлари ва нефть иссиқлик ўтказгичлари билан бўлган оғатларнинг статистикасини ўрганинг. Давлатлар ва фирмалар бўйича қиёсий жадвал (диаграмма, графиклар) тузинг.
2. «Табиат ва техникадаги диффузиянинг роли» мавзусида ахборот тайёрланг.

## 18§. Термодинамик системалар ва термодинамик параметрлар. Термодинамик системаларнинг мувозанат ва номувозанат ҳолатлари. Ҳарорат модда заррачаларининг иссиқлик ҳаракатининг ўртача кинетик энергиясининг ўлчови сифатида

### Кутиладиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- молекула-кинетик назариянинг асосий тенгламаларини масала ечишда қўллай оласиз.



### Жавоби қандай?

- Иссиқ сувнинг совук сувдан фарқи қандай?
  - Агар иссиқ сувни совук сувга куйсак нима бўлади?
  - Агар совук сувни иссиқ сувга куйсак нима бўлади?
- Ўз жавобларингизни тажрибада текширинг.



### 1-топшириқ

- Термодинамик система мисол келтиринг.
- Термодинамик система учун атроф-муҳит бўлган жисмларни атанг.
- Ушбу катталиклардан макроскопик параметрларни танланг: жисм ҳажми, молекула тезлиги, молекула массаси, босим, молекула ҳаракат энергияси, молекулалар сони, ҳарорат, молекула ўлчами, концентрация.

### I Термодинамик системалар ва термодинамик параметрлар

Ўзаро ва атроф-муҳит билан иссиқлик таъсирда бўлган жисмларнинг тўплами **термодинамик система** деб аталади. Қаралаётган система чега-расидан ташкарида жойлашган барча жисмларни *атроф-муҳит* деб аталади. Атрофимиздаги жисмларнинг хоссалари ва ҳолатини тавсифлаш учун микроскопик ва макроскопик параметрларга ажратишга бўладиган физик катталиклар қўлланилади.

Молекулалар оламини характерловчи катталикларни, масалан, молекулалар тезлигини, унинг масасини, энергиясини *макроскопик* (грек. «микрос» – кичкина) деб аталади.

*Макроскопик* параметрлар деб (грек. «макрос» – катта), бутун бир термодинамик системанинг ёки жисмларнинг хоссаларини, уларнинг ички тузилишларини эътиборга олмай тавсифловчи катталикларга айтилади.

Жисмнинг ҳолатини тавсифловчи макроскопик катталикларни *термодинамик параметрлар* деб аталади. Термодинамик параметрларга  $V$  ҳажм,  $p$  босим,  $T$  ҳарорат киради.

### II Термодинамик мувозанат.

### Ҳарорат молекулаларнинг иссиқлик ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси ўлчови сифатида

Агар ҳароратлари турлича икки ёки бир неча жисмларни ўзаро қўшсак, бироз вақтдан кейин *термодинамик мувозанат* ўрнатилади: жисмларнинг ҳароратлари бирдай бўлади.

Жисмлар орасида боғланиш ўрнатилганда энергия алмашиниш боради: катта ички энергияли жисмлар уни энергияси оз жисмларга беради.

Жисм ҳарорати молекулаларнинг иссиқлик ҳаракатининг энергияси билан аниқланади, у молекулалар ўртача кинетик энергиясининг ўлчови ҳисобланади: молекулаларнинг кинетик энергияси ҳанча катта бўлса, жисмнинг ҳарорати ҳам шунча юқори бўлади.

Демак, энергия юқори ҳароратли жисмлардан паст ҳароратли жисмларга берилади.

**Термодинамик мувозанат – жисмлар берк системасининг барча макроскопик параметрлерининг узоқ вақт давомида ўзгармай турғандаги ҳолати.**

Ташки шартлар ўзгармаганда исталган жисмлар берк системаси ўз-ўзидан термодинамик мувозанат ҳолатига ўтади. Иссиклик мувозанат ҳолатида жисмлар бирдай ҳароратга эга бўлади.

**Температура – макроскопик система-нинг термодинамик мувозанат ҳолатини тавсифловчи физик катталик.**

### III Ҳароратни ўлчаш.

#### Термометрларнинг турлари

Жисмларнинг ҳароратини ўлчаш учун термо метрлардан фойдаланилади. Асбобнинг кўрсатиши термометрнинг жисм билан иссиқлик алмашинишидан кейин, иссиқлик мувозанат ўрнатилган пайтда олинади.

**Термометр – текширилаётган муҳит билан боғланиш орқали ҳароратни ўлчашга мўлжалланган асбоб.**

Термометрлар қайси физик ҳодисага асосланаб ишлашига кўра қуйидаги турларга бўлинади: *суюқликли, механик, газли, электрик, оптик ва инфракизил.*

**Суюқлик термометрларининг ишлаши** суюқликнинг иссиқликдан кенгайишига асосланган.

Суюқлик термометри капилляр ёпиштирилган шаффоф шиша резервуардан иборат. Шкала капиллярга қотирилган пластинага ёзилади. *Термометр суюқ жисмларнинг ҳароратини ўлчаш учун фойдаланилади, у билан резервуар ва капиллярнинг бир қисми тўлдирилади.*  $-80^{\circ}\text{C}$  ва  $70^{\circ}\text{C}$  оралиғидаги ҳароратни ўлчаш учун суюқлик термометрига этил спирти,  $-35^{\circ}\text{C}$  ва  $750^{\circ}\text{C}$  оралиғидаги ҳароратни ўлчаш учун симоб тўлдирилади. Суюқлик термометрининг ўлчаш аниқлиги асбобнинг бўлим қийматига, иссиқлик мувозанати ўрнатилиш пайтини тўғри аниқлашга,



#### Эсда сақланг!

Агар термодинамик системага кирувчи исталган бир параметр ўзгара бошласа, унда системада **термодинамик жиараён** бошланади. Система номувозанат ҳолатда бўлади.



#### 2-топшириқ

Дафтарингизда хона, лаборатория ва медицина суюқлик термометрларини тасвирланг, уларинг асосий фарқларини кўрсатинг.

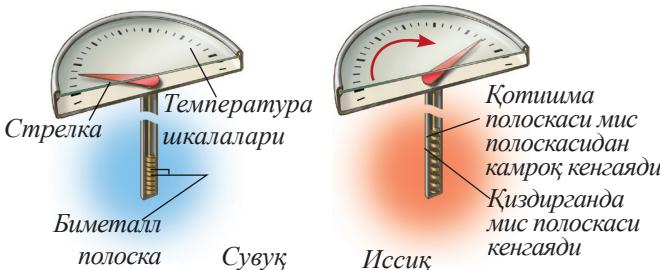


#### Жавоби қандай?

- Медицина термометрларда нега спирт эмас симобдан фойдаланилади?
- Суюқлик термометри найининг диаметри нега бирдай бўлиши керак?
- Суюқлик термометрининг ўлчаш аниқлиги нега унинг ботиш чукурлигига боғлиқ?

капилляр шишиаси ва шкала ёзилган пластиинанинг иссиқликдан кенгайиш коэффициентига, ўлчанаётган муҳитга термометрниң ботиш чуқурлигига боғлиқ.

**Механик термометрлер** иссиқликдан кенгайиш коэффициентлари ҳар хил, бир-бираига уланган икки металл пластиинадан иборат. Пластиналарниң узун ликлари турлича бўлганилигидан, уларни қиздирганда биметалл пластина янада кўпроқ буралади (*101-расм*). Ҳарорат қанчалик юқори бўлса, асбобнинг шкаласидаги стрелка температуранинг шунчалик катта қийматини кўрсатади (*102-расм*).



*101-расм.* Механик термометрниң тузилиши

**Газли термометр** – ингичка най орқали манометр билан туташтирилган газ тўлдирилган баллон (*103-расм*). Баллонни ҳарорати ўлчанадиган жисм билан иссиқлик боғланишга келтиради, бироз вақт ўтгач газ ва жисмнинг орасида иссиқлик мувозанати юзага келади. Ҳарорат баллондаги газнинг босими билан аниқланади. Манометрдаги босим шкаласини уларга мос келадиган ҳароратлар шкаласи билан алмаштиришга бўлади. **Газли термометрлар** кўрсатишининг аниқлиги бошқа турдаги термометрлар ичида энг юқори бўлади.

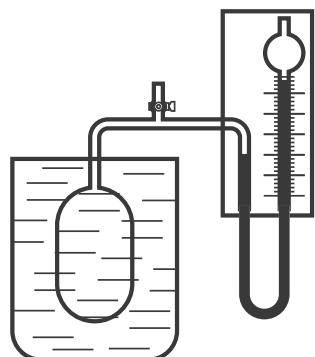
**Электртермометрлар** ёки қаршилик термометрлари металлар, аралашмалар ва ярим ўтказгичларниң электр қаршиликларининг ҳароратга боғлигиги асосида ишлайди (*104 а) расм*). Улар металл симдан тайёрланган, учига платинадан, кумушдан ёки олтиндан ясалган ток ўтказгич симлар ёпиштирилган спиралсимон шаклда бўлади (*104 б) расм*). Механик шикастланишдан ва заарли моддаларниң таъсиридан ҳимоялаш учун термометрни най ичига жойлаштирилади. Платина термометрларда ўлчанаётган ҳарорат диапазони  $-190^{\circ}\text{C}$  ва  $600^{\circ}\text{C}$  орасида,

### Жавоби қандай?

4. Суюқлик томчисининг ҳароратини нега суюқлик термометри билан аниқ ўлчаш мумкин эмас?
5. Термометрниң капилляри ва шкаласи бор пластинаси ясалган моддаларниң иссиқликдан кенгайши коэффициенти нега бирдай бўлиши керак?



*102-расм.* Механик термометрниң шкаласи



*103-расм.* Газли термометрниң тузилиши

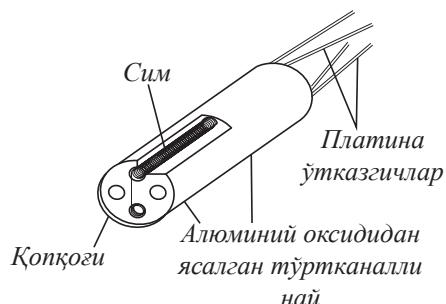
мис термометрларининг диапазони эса  $-55^{\circ}\text{C}$  ва  $200^{\circ}\text{C}$  орасида. Кўрғошин термометрлар паст ҳароратларни, фосфорли бронза эса жуда паст ҳароратларни ўлчаш учун қўлланилади.

### 3-топшириқ

Дарслиқда келтирилган термометрларни қиёсий таҳлил қилинг. Термо метрнинг ҳар бир турининг ишлатиш соҳасини кўрсатиб, жадвал тайёрланг.



a)



б)

104-расм. Электр термометр

**Оптик ёки инфрақизил термометрларга** тепловизор ва пиromетрлар киради, олар жисмларнинг ҳароратларини улар билан контактсиз ўлчаш учун фойдаланилади (105, 106-расмлар).



105-расм. Тепловизор



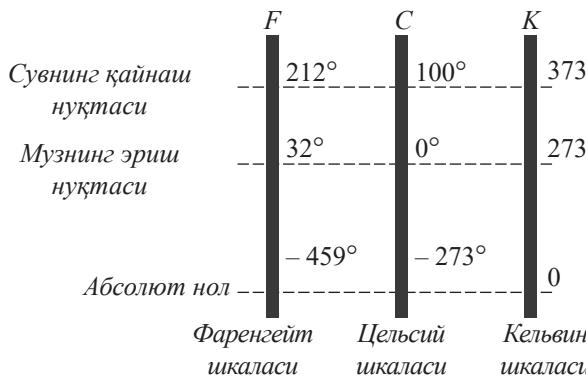
106-расм. Пирометр

## IV Ҳарорат шкалалари

Практикада Цельсий ва Фаренгейт ҳарорат шкалалари кенг қўлланилади. Иссиқлик ҳодисаларини текшириш ва тавсифлаш учун Кельвин шкаласи фойдаланилади (107-расм).

1742 йили швед олим А. Цельсий нормал атмосфера босимида музнинг эриш ва сувнинг қайнаш ҳароратлари репер нуқталари бўлган ҳарорат шкаласини таклиф қилди. Репер нуқталари деганимиз – ўлчовчи асбобнинг шкаласи чекланадиган

нуқталар. Нормал атмосфера босимида музнинг эриш ҳарорати  $0^{\circ}\text{C}$  деб, сувнинг қайнаши  $100^{\circ}\text{C}$  деб қабулланган, репер нуқталар ҳароратининг интервали тенг 100 бўлакка бўлинган.



107-расм. Термометрлар шкаласи

Фаренгейт шкаласи – музнинг эриш ҳарорати  $32^{\circ}\text{F}$ , сувнинг қайнаш ҳарорати  $212^{\circ}\text{F}$  иборат, ҳароратлар интервали 180 бўлакка бўлинган ҳарорат шкаласи.

Шкалани 1724 йили немис физиги Г.Фаренгейт таклиф қилган ва ҳозирги вақтда бир қатор давлатларда ишлатилади. Фаренгейт шкаласи бўйича бир бўлим қийматининг Цельсий шкаласи бўйича бир бўлим қийматидан фарқи бор:

$$1^{\circ}\text{C} = 1,8^{\circ}\text{F}$$

Кельвин ёки абсолют ҳарорат шкаласини 1848 йили инглиз физиги лорд Кельвин У. Томсон таклиф қилган. У репер нуқта сифатида жисм молекулаларининг илгариланма ҳаракати тўлиқ тўхтайдиган ҳолатига мос келадиган ҳароратни олган. Бу ҳолатга мос келган ҳароратни ол **абсолют ноль** деб атаган.

Ҳароратнинг абсолют ноли – **молекулаларнинг илгариланма ҳаракати тўлиқ тўхтайдиган**, оламдаги барча физик жисмлардаги ҳароратнинг энг қуий чегараси.

Кельвин шкаласида манфий ҳарорат йўқ,  $0\text{ K}$  – бу табиатдаги энг паст ҳарорат. Ҳозирги вақтда абсолют нолдан градуснинг фақат миллиондан бир улушига юқорироқ бўлган ҳароратлар олинди. Кельвин шкаласининг бўлим қиймати Цельсий шкаласидаги градусга тенг деб олинган.

### Мұхим ахборот

$20^{\circ}\text{C}$  ҳароратни Фаренгейт градусида ифодалайлик:

$$20^{\circ}\text{C} = 32 + 1,8 \cdot 20 = 68^{\circ}\text{F}.$$

Тескари алмаштириш ёзайлик:

$$68^{\circ}\text{F} = \frac{68 - 32}{1,8} = 20^{\circ}\text{C}.$$

### Эсда сақланг!

Фаренгейт шкаласи бўйича температураларни Цельсий шкаласига ўтказиш куйидаги формула бўйича бажарилади:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32)$$

ва аксинча

$$t^{\circ}\text{F} = 32 + \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C}$$

### Жавоби қандай?

Нега абсолют нолга тенг ҳароратга етиш мумкин эмас?

Кельвин ва Цельсий шкалалари бўйича ҳароратлар қўйидаги муносабатда:

$$T = (273,16 + t) \text{K} \text{ ёки } t = (T - 273,16)^\circ\text{C}$$

Тахминий ҳисоблашлар учун қўйидаги муносабатни қўллаш мумкин:

$$T = (273 + t) \text{K} \text{ ёки } t = (T - 273)^\circ\text{C}.$$



### Эсада сақланг!

1954 йили ўлчовлар ва оғирликларнинг X Бош конференциясида Кельвин шкаласига иккинчи репер нуқта киритилди, бу – сувнинг учлама нуқтасининг ҳарорати, унинг қиймати 273,16 K деб олинган. Учлама нуқта ҳароратида сув қаттиқ, суюқ ва газ ҳолатларида бўлиши мумкин.

### Назорат саволлари

1. Қандай параметрларни микроскопик деб аталади? Макроскопик деб-чи?
2. Қандай параметрларни термодинамик деб аталади?
3. Ҳароратнинг физик маъноси қандай?
4. Термометрлар тузилишининг асосида жисмларнинг қандай хоссалари олинган?
5. Термометрлар турларини атанг.
6. Ҳароратнинг абсолют ноли деган тушунчани қандай тушунамиз?



### Машқ

18

1. Қуйидаги ҳарорат қийматларини Кельвинда ифодаланг:  $20^\circ\text{C}$ ,  $27^\circ\text{C}$ ,  $-73^\circ\text{C}$ ,  $100^\circ\text{C}$ .
2. Қуйидаги ҳарорат қийматларини Цельсий градусларида ифодаланг:  $4 \text{ K}$ ,  $200 \text{ K}$ ,  $440 \text{ K}$ ,  $300 \text{ K}$ .
3. Агар Фаренгейт шкаласи бўйича ҳарорат  $84,2 \text{ F}$ ,  $80,6 \text{ F}$ ,  $71,6 \text{ F}$  га teng бўлса, бу ҳароратларни Цельсий шкаласи бўйича аниқланг.
4.  $30^\circ\text{C}$ ;  $25^\circ\text{C}$ ;  $20^\circ\text{C}$  ҳароратни Фаренгейт шкаласига ўтказинг.

## 19§. Идеал газ. Газларнинг молекуляр-кинетик назариясининг асосий тенгламаси

### Кутиладиган натижада:

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- идеал газ моделини таесифлаб; масала ечишда молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламасини кўллай оласиз.

### I Идеал газ

Газлардаги иссиқлик жараёнларини математик кўринишда ифодалаш учун идеал газ тушунчasi киритилади.

**Идеал газ – бу молекулаларо ўзаро таъсирнинг потенциал энергиясини эътиборга олмаса бўладиган; молекулалар орасидаги масофа молекулаларнинг ўлчамларидан анча катта бўлган газнинг физик модели.**

### Эсга туширинг!

Газлардаги босим молекулаларнинг зарбидан юзага келади.

ХБС-да босим паскаль билан ўлчанади. Юзи 1 м<sup>2</sup> бўлган жисм сиртига 1 Н куч таъсир этганда босим 1 Па-га тенг.

Амалда сийраклашган газлар идеал газ каби бўлади. Барча газлар паст босим ва юқори ҳароратда хоссалари бўйича идеал газларга яқин бўлади. Юқори босимда газ молекулалари яқинлашади, бу ҳолда уларнинг ўлчамларини хисобга олмаса бўлмайди. Ҳарорат пасайган вактда молекулаларнинг кинетик энергияси камаяди ва потенциал энергияга яқинлашади. Демак, юқори босим ва паст ҳароратда газни идеал деб хисоблашга бўлмайди.

### II МКН асосий тенгламаси

Идеал газ босимининг молекулалар илгариланма ҳаракатининг ўртача кинетик энергиясига боғликини идеал газнинг МКН асосий тенгламаси деб аталади.

Ҳажми  $V$  идишда  $m_0$  массали  $N$  молекуладан иборат идеал газ бор бўлсин дейлик (108-расм).

$\Delta t$  вақт давом этадиган бир молекуланинг вертикаль деворга урилишида молекула томонидан Ньютон конуни асосида жисм импульси ўзгариши тенг  $F_{\text{кн}} \Delta t$  куч импульси таъсир этади. Импульснинг перпендикуляр ташкил этувчиси деворга босим беради, демак:

$$F_{\text{кн}} \Delta t = m_0 v_x - (-m_0 v_x) = 2m_0 v_x \quad (1)$$

Босим кучининг ўртача қиймати молекула сонига боғлик. Бирор  $t$  вақтда деворга ундан

$$l = \bar{v}_x t \quad (2)$$

масофадаги молекулалар учуб боради.

Ох ўқи йўналишида ва унга қарама-қарши ҳаракатланадиган заррачалар сони тенг, демак девор  $t$  вақт ичида  $N$  зарб олади, у қўйидагига тенг:

$$N = \frac{1}{2} n V = \frac{1}{2} n S l = \frac{1}{2} n S \bar{v}_x t \quad (3)$$

### Эсада сақланг!

Босимни ўлчаш учун кўшимча бирликлар ҳам кўлланилади: симоб устунининг миллиметри, атмосфера:

1 мм.сим.уст.  $\approx 133,3$  Па  
1 атм =  $101325$  Па  $\approx 10^5$  Па

### Эсада сақланг!

Техник ўлчашлар учун 1 см<sup>2</sup> юзада 9,80665 Н куч ҳосил қиласидиган 98066,5 Па  $\approx 10^5$  Па босимга тенг техник атмосфера қабулланган.

бу ерда  $n$  – бирлик ҳажмдаги молекула сони;  $Sl = V - N$  молекуладан иборат газнинг ҳажми.

$t$  вақт ичида деворга уриладиган молекулаларнинг куч импульси:

$$Ft = N \cdot 2m_0 \bar{v}_x = \frac{1}{2} nSt \bar{v}_x t \cdot 2m_0 \bar{v}_x = nm_0 S \bar{v}_x t, \quad (4)$$

бу ерда  $\bar{v}_x^2$  – молекулалар ҳаракатининг ўртача квадратик тезлиги.

Молекулалар ҳаракатининг барча йўналишлари тенг бўлганидан, куйидагича ёзиш мумкин:

$$\bar{v}_x^2 = \bar{v}_y^2 = \bar{v}_z^2.$$

$\bar{v}^2 = \bar{v}_x^2 + \bar{v}_y^2 + \bar{v}_z^2$  тезлик модулининг унинг координата ўқларига проекциялари билан муносабатини ҳисобга олиб, ёзсан:

$$\bar{v}_x^2 = \frac{1}{3} \bar{v}^2. \quad (5)$$

(4) ва (5) формулалар асосида куч импульси учун босим қуйидаги кўринишга келади:

$$Ft = \frac{1}{3} nm_0 S \bar{v}^2 t. \quad (6)$$

(6) тенгламанинг икки томонини ҳам  $St$  га бўлсан:

$$\frac{F}{S} = \frac{1}{3} nm_0 \bar{v}^2. \quad (7)$$

$p = \frac{F}{S}$  тенглигидан, (7) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзамиш:

$$p = \frac{1}{3} nm_0 \bar{v}^2. \quad (8)$$

Молекулалар концентрацияси газнинг зичлиги билан  $nm_0 = \rho$  муносабатда боғланишган, уни (8) формулага қўйсак:

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2. \quad (9)$$

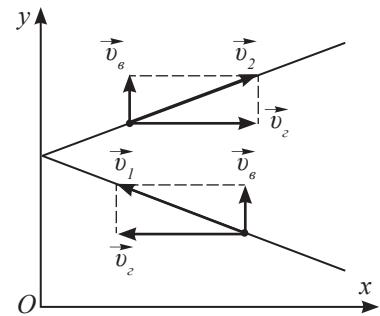
Агар молекулаларнинг ўртача кинетик энергияси  $\bar{E} = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$  эканини эътиборга олсан, (8) тенглама ушбу кўринишда бўлади:

$$p = \frac{1}{3} nm_0 \bar{v}^2 \cdot \frac{2}{2} = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$$

ёки  $p = \frac{2}{3} n \bar{E}.$  (10)

(8), (9) ва (10) муносабатларни **молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламаси** деб аталади.

Молекуляр кинетик назариянинг асосий тенгламаси макроскопик параметрларни микроскопик параметрлар билан боғлайди.



**108-расм.** Деворга эластик урилишида молекула импульсининг ўзгариши



### Жавоби қандай?

- МКНТ асосий тенгламаси нега фақат идеал газ учунгина бажарилади?
- МКН асосий тенгламасини көлтириб чиқаришда нега  $1/3, 1/2$  кўпайтучилари пайдо бўлди?



### 1-тотшириқ

МКН асосий тенгламасига кирувчи катталикларни ўлчов бирликлари билан ишланг. Бажарилган ишлар натижасида ҳар доим Па чиқишини исботланг.

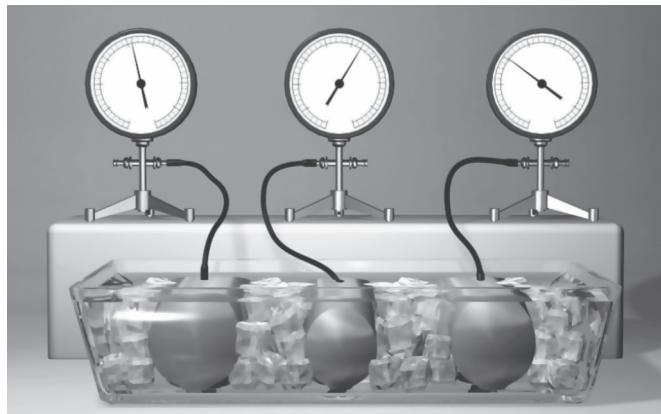


### Жавоби қандай?

Нега МКН асосий тенгламасини микродунё ва макродунё орасидаги «куприк» деб аташади?

### III Энергетик ҳарорат. Больцман доимийси

Күйидагидай тажриба ўтказилди: водород, кислород ва гелий билан тўлдирилган ҳажмлари бирдай идишлар нормал атмосфера босимида эриб бораётган музга солинди (109-расм). Идишлардаги молекулалар сони маълум эди. Иссиқлик мувозанати ўрналғач,  $\frac{pV}{N}$  барча газлар учун бу нисбат бирдай бўлди:  $\frac{pV}{N} = 3,76 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ .



**109-расм.** Баллондаги газларнинг ҳолатини ўрганиши

Идишларни қайнаган сувга жойлаштириб, қайтадан шу катталикларнинг нисбатини аниqlаб, барча газлар учун яна бирдай натижа олинди:

$$\frac{pV}{N} = 5,14 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}.$$

Бу нисбатни  $\frac{pV}{N} = \theta$  (11) деб белгилади

ва  $\theta$  катталигини *энергетик температура* деб агади. Энергетик ҳарорат ва Кельвин шкаласи бўйича ҳарорат

$$\theta = kT \quad (12)$$

формуласи билан боғланган, бу ерда  $k$  – *Больцман доимийси* деб аталувчи пропорционаллик коэффициенти.  $k$  ни қийматини ҳисоблайлик:

$$\theta_{100} - \theta_0 = k(T_2 - T_1) \quad (13)$$

$$k = \frac{\theta_{100} - \theta_0}{T_2 - T_1} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$



**Людвиг Больцман (1844–1906)** – австриялик физик-назариётчи, статистик механика ва МКН асосини яратувчи. Австрия фанлар академиясининг аъзоси.



#### Жавоби қандай?

Нега энергетик ҳарорат амалий қўлланишга эга эмас?



#### Эсда сақланг!

Больцман доимийси жоулда ифодаланадиган энергетик ҳароратни Кельвин шкаласининг градусида ўлчанадиган ҳарорат билан боғлади:  $\theta = kT$

## IV Ҳарорат – молекулаларнинг илгариланма ҳаракати ўртача кинетик энергиясининг ўлчови

Жисм ҳарорати молекулалар ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси ва ҳаракат тезлигига боғлик.

МКТ асосий тенгламасин фойдаланиб, ушбу катталикларнинг муносабатини оламиз:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E} \quad (14)$$

Таърифга кўра модда молекуласининг концентрацияси куйидагига teng:

$$n = \frac{N}{V} \quad (15)$$

(14) билан (15) формулалардан:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E} = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{E} \quad (16)$$

эканини оламиз.

(16) ни шакл алмаштирасак:

$$\frac{pV}{N} = \frac{2}{3} \bar{E} \quad (17)$$

(11) билан (12) дан ушбу формулани оламиз:

$$\frac{pV}{N} = kT \quad (18)$$

(17) билан (18) тенгламаларнинг ўнг томонларини тенглаб, куйидаги формулани оламиз:

$$\frac{2}{3} \bar{E} = kT$$

ёки

$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT \quad (19).$$

(19) формуладан молекулаларнинг тартибсиз ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси ва абсолют ҳарорат ўзаро тўғри пропорционал боғланишда экани келиб чиқади.

**Температура – молекулалар илгариланма ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси ўлчови.**

### 2-топшириқ

- 300 К ҳароратда азот, водород, сув буғи молекулаларининг ҳаракат тезлигини аниқланг.

### Жавоби қандай?

- Молекулалар ҳаракатининг ўртача квадратик тезлиги ва жисм ҳарорати орасида қандай боғликлек бор?
- Молекулалар ҳаракатининг ўртача квадратик тезлиги 1,2 марта ортганда жисм ҳарорати неча марта ортади?
- Молекулалар ҳаракатининг ўртача квадратик тезлиги 20% ортганда жисм ҳарорати неча фоизга ортади?

## VI Молекулалар ҳаракатининг ўртача квадратик тезлиги ва жисм ҳарорати

$\bar{E} = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$  ва  $\bar{E} = \frac{3}{2} kT$  тенгламаларининг ўнг томонларини тенглаштириб, молекулаларнинг ўртача квадратик тезлигини хисоблаш формуласини оламиз:

$$\frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT,$$

бундан:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}. \quad (20)$$

Олиган формуладаги илдиз остидаги формулани Авогадро сонига кўпайтирамиз ва бўламиз:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kTN_A}{m_0 N_A}},$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}. \quad (21)$$

бу ерда

$$R = kN_A = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} - \text{универсал газ доимийси.}$$

### Назорат саволлари

- Идеал газ қандай хоссаларга эга?
- Босимнинг ўлчов бирлигини атанг.
- МКН асосий тенгламаси қандай параметрларни ўзаро боғлайди?
- Больцман доимийсининг физик маъноси нимада?



### Жавоби қандай?

Нега бирдай босимда ва ҳароратда барча газларнинг молекулалари концентрацияси бирдай бўлади?

★ **Машқ**

19

- Ҳажми  $V = 1$  л идишда массаси 2 г водород бор. Агар водород молекуларининг ўртача квадратик тезлиги  $v = 400 \frac{M}{c}$  бўлса, водороднинг босими аниқланг.

2. Маълум бир шартларда водород зичлиги  $\rho_1 = 0,09 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Агар шу шарт бўйича метаннинг зичлиги  $\rho_2 = 0,72 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  бўлса, унинг моляр массасини аниқланг.
3. Зичлиги  $\rho = 3,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  бўлган газ ҳарорати  $t = 17^\circ\text{C}$ . Агар молекула массаси  $m_0 = 6,6 \cdot 10^{-27}$  кг бўлса, газ босимини аниқланг. Бу қандай газ?
4. Ҳажми  $V = 13,8$  л идишда жойлашган босими  $p = 100$  кПа идеал газнинг  $N = 2 \cdot 10^{22}$  молекуласининг ҳароратини аниқланг.
5. Агар  $T = 300$  К ҳароратда газ зичлиги  $\rho = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , ва молекулаларнинг ўртача квадратик тезлиги  $v = 500 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  бўлса, идеал газ молекуласининг концентрациясини аниқланг.

## 6-бобнинг хулосаси

Нисбий молекуляр ва моляр масса	МКН асосий тенгламаси	Доимий катталиклар
Нисбий молекуляр масса $M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12}m_{0C}}$	$p = \frac{1}{3}nm_0\bar{v}^2$	Больцман доимийси $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{K}$
Моляр масса $M = M_r \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$	$p = \frac{1}{3}\rho\bar{v}^2$	Авогадро сони $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
$M = m_0 N_A$	$p = \frac{2}{3}n\bar{E}$	Универсал газ доимийси $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$
Газлар аралашмаси учун $M = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{v_1 + v_2 + \dots + v_n}$	$p = nkT$	
Молекула массаси $m_0 = \frac{m}{N}$		
Модда миқдори	Молекулалар ҳаракатининг кинетик энергияси	Нормал шароит
$v = \frac{N}{N_A}$	$\bar{E} = \frac{3}{2}kT$	$T = 273 \text{ K}, t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ $p = 101300 \text{ Па} =$ = 760 мм. сим. уст.
$v = \frac{m}{M}$	$\bar{E} = \frac{m_0\bar{v}^2}{2}$	
Молекулалар сони	Молекулаларнинг ўртacha квадратик тезлиги	Ҳарорат шкалалари орасидаги боғланиш
$N = \frac{m}{M} N_A$	$\bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$	Кельвин ва Цельсий $T = (273 + t) \text{ K},$ $T = (T - 273) \text{ }^\circ\text{C}$
$N = vN_A$	$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$	Цельсий ва Фаренгейт $t^\circ\text{C} = \frac{5}{9}(t^\circ\text{F} - 32)$ $t^\circ\text{F} = 32 + \frac{9}{5}t^\circ\text{C}$
$N = \frac{m}{m_0}$		
$N = \frac{V}{V_0}$		

## **МКН асосий қоидалари ва қонулари**

### **МКН уч қоидаси:**

1. Барча моддалар заррачалардан – бир-биридан бирор масофада жойлашган молекулалар ва атомлардан тузилган.
2. Модданинг заррачалари узлуксиз ва тартибсиз ҳаракатда бўлади.
3. Модда заррачалари бир-бири билан ўзаро таъсирилашади.

### **Авогадро қонуни:**

Бирдай босим ва ҳароратда газларнинг бирдай ҳажмидаги молекулалар сони тенг бўлади.

## **Глоссарий**

**Ҳароратнинг абсолют ноли** – молекулаларнинг илгариланма ҳаракати тўлиқ тўхтайдиган, оламдаги барча физик жисмлардаги ҳароратнинг энг қуий чегараси.

**Идеал газ** – бу, молекулаларни улар орасидаги ўзаро таъсирининг потенциал энергиясини, уларнинг ўлчамларини эътиборга олмаса бўладиган эластик шарлар деб ҳисоблайдиган газнинг физик модели.

**Модда миқдори** – берилган жисмдаги молекула сонининг 0,012 кг углероддаги атомлар сонига нисбатига тенг катталик.

**Макроскопик параметрлар** – жисмларнинг хоссаларини уларнинг ички тузилишини эътиборга олмай тавсифловчи катталиклар.

**Микроскопик параметрлар** – молекуляр оламни, масалан, молекулаларнинг тезлигини, массасини, энергиясини тавсифловчи катталиклар.

**Моль** – 12 г углеродда қанча атом бўлса, шунча молекуладан иборат модда миқдори.

**Моляр масса** – бир моль модданинг массаси.

**Модданинг нисбий молекуляр массаси  $M_r$**  – берилган модда молекуласи массасининг углерод атоми массасининг 1/12 қисмига нисбатига тенг катталик.

**Термодинамик параметрлар** – жисмнинг ҳолатини характерловчи макроскопик катталиклар: босим, ҳажм, ҳарорат.

**Термодинамик мувозанат** – берк жисмлар системасидаги барча макроскопик параметрларнинг узоқ вақт давомида ўзгармай турадиган ҳолати.

**Ҳарорат** – макроскопик системанинг термодинамик мувозанат ҳолатини характерловчи физик катталик.

**Термометр** – текширилаётган муҳит билан боғланиш орқали ҳароратни ўлчашга мўлжалланган асбоб.

7-БОБ

## ГАЗ ҚОНУНЛАРИ

Газ қонунлари молекуляр-кинетик назария пайдо бўлмасдан аввал тажрибаларда аниқланган. Бу қонунлар реал газларни идеал газга яқинлаштириб олган ҳолда – юқори ҳарорат ва паст босимда ўтказилган тажрибалар нағижасида кашф қилинган. Ер атмосферасини таркибидаги азот ва кислород газлари соддалаштирилган ҳолда етарлича аниқликда идеал газлар сифатида қаралади.

### Бобни ўқиб-билиш орқали сизлар:

- масала ечишда идеал газ ҳолатининг tenglamасини қўллашни;
- доимий ҳароратда босимнинг ҳажмга боғлиқлигини тадқиқ қилишни (Бойл-Мариотт қонуни);
- доимий босимда газ ҳажмининг ҳароратга боғлиқлигини тадқиқ қилишни (Гей-Люссак қонуни);
- доимий ҳажмда босимнинг ҳароратга боғлиқлигини тадқиқ қилишни (Шарль қонуни);
- сонли ва график масалаларни ечишда газ қонунларидан фойдаланишни ўрганасиз.

## 20§. Идеал газ ҳолатининг тенгламаси

### Кутиладиган натижা:

Бу параграфни ўзлаштиргандо:

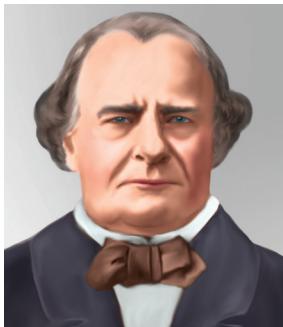
- масала ечишда идеал газ ҳолати тенгламасини қўллай оласиз.



### Эсда сақланг!

Универсал газ доимийсининг қиймати:

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}.$$



**Бенуа Поль Эмиль Клапейрон** (1799–1864) – француз физиги ва инженер. 1834 йили Бойль-Мариотт, ГейЛюссак ва Авогадро қонуларини бирлаштирувчи идеал газ ҳолати тенгламасини келтириб чиқарган, уни 1874 йили Д.И. Менделеев умумлаштирган. Модданинг эриш ва қайнаш ҳароратлари билан босим орасидаги боғланиш тенгламасини топган. Биринчи бўлиб термодинамик жараённи рV-диаграммада тасвирлаб, термодинамикага график усулни киритди.

### I Идеал газ ҳолатининг тенгламаси

Газнинг бирор бир массасининг ҳолати уч параметрнинг қиймати билан аниқланади: босим  $p$ , ҳажм  $V$  ва ҳарорат  $T$ . Бу параметрларнинг бирининг ўзгариши бошқаларининг ўзгаришига олиб келади.

 **Термодинамик параметрларни ўзаро боғловчи тенгламани газ ҳолатининг тенгламаси деб аталади.**

МКН асосий тенгламасидан газ ҳолати параметрларининг ифодасини оламиз:

$$p = nkT. \quad (1)$$

(1) тенгламага концентрацияни ҳисоблаш формуласини:

$$n = \frac{N}{V} \quad (2)$$

ва модда миқдори орқали ифодаланган моддадаги молекулалар сонини:

$$N = vN_A, \quad (3)$$

қўйиб қўйидаги формулани оламиз:

$$pV = \frac{m}{M} kN_A T. \quad (4)$$

Больцман доимийсининг Авогадро сонига қўпайтмасини универсал газ доимийси билан алмаштирамиз:

$$R = kN_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}. \quad (5)$$

(5)-тенгламага кўра, (4) тенгламани қўйидаги қўринишда ёзамиш:

$$pV = \frac{m}{M} RT. \quad (6)$$

(6) тенглама идеал газ ҳолатининг тенгламаси ҳисобланади, уни Менделеев-Клапейрон тенгламаси деб аталади.

### II Газ ҳолатининг тенгламаси ва бирлашган газ қонуни

Газ ҳолатининг тенгламаси бир ҳолатнинг параметрлари орасидаги боғланишни характерлайди. Газ қонулари газ ҳолати тенгламасининг ўзгаришини характерлайди ва газнинг бошлангич ҳамда охирги ҳолатларининг параметрлари орасида боғланиш ўрнатади.

Бирор бир газнинг икки турли ҳолатини қарайлик. Бошлангич ҳолат параметрлари:  $p_1$ ,  $V_1$ ,  $T_1$ ,  $m_1$ . Охирги ҳолат параметрлари:  $p_2$ ,  $V_2$ ,  $T_2$ ,  $m_2$ . Бошлангич

холат учун газ ҳолатининг тенгламаси:  $p_1 V_1 = \frac{m_1}{M} RT_1$ . Ўзгарувчан катталикларни тенгламанинг чап томонига ўтказамиш. Шунда:

$$\frac{p_1 V_1}{m_1 T_1} = \frac{R}{M}. \quad (7)$$

Газнинг охирги ҳолати учун катталикларнинг худди шундай нисбатини ёзамиз:

$$\frac{p_2 V_2}{m_2 T_2} = \frac{R}{M}. \quad (8)$$

(7) ва (8) тенгламаларнинг чап томонларини тенглаймиз:

$$\frac{p_1 V_1}{m_1 T_1} = \frac{p_2 V_2}{m_2 T_2} \quad (9)$$

ёки  $\frac{pV}{mT} = const.$  (10)

Олинган тенглама бирлашган газ қонунининг формуласи бўлади, унда термодинамик системада бўладиган жараёнларди характерловчи барча пара метрлар киритилган.

Агар газнинг бошланғич ҳолатдан охирги ҳолатга ўтишида унинг массаси ўзгармаса,  $m_1 = const$ , унда бирлашган газ қонуни ушбу кўринишга келади:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (11)$$

ёки  $\frac{pV}{T} = const.$  (12)

Олинган (11) ва (12) формулаларни бирлашган газ қонуни ёки француз физиги **Бенуа Клапейроннинг** хурматига Клапейрон тенгламаси деб аталади. Термодинамик параметрларнинг бу формуласини у 1834 йили тажрибада олди.

**Берилган газ массаси учун ҳажм ва босим қўпайтмасининг абсолют ҳароратга нисбати – газ ҳолатига боғлиқ бўлмаган доимий катталик.**

### III Масала ечишда газ ҳолатининг тенгламаси ва бирлашган газ қонунини қўллаш

Термодинамик системанинг ҳолатини характерловчи номаълум параметрни аниқлаш учун доимийларнинг қиймати маълум бўлганда (6) Менделеев-Клапейроннинг ҳолат тенгламаси ёки Клапейрон тенгламаси (12) ишлатилади.

Агар модда миқдори ўзгармайдиган система мада термодинамик жараён борса, унда номаълум

### Жавоби қандай?

- Клапейрон тенгламасини нега фақат модда миқдори ўзгармайдиган газлар учун қўллашга бўлади?
- Нега ҳолат тенгламаси босими оз ва ҳарорати жуда паст бўлмаган газлар учун қўлланилади?
- Ҳолат тенгламасининг газ қонунларидан принципуал фарқи нимада?

### 1-топширик

6, 9, 11 формулалардан уларга кирувчи барча катталикларни ифодаланг. Математика курсидан қандай қоидаларни қўллайсиз?

### 2-топширик

- Параграфнинг III қисмини ўрганинг. Масала ечишда газ ҳолатининг тенгламаси ва бирлашган газ қонунларидан фойдаланиш бўйича формулалар тўпламини дафтарингизга ёзиб қўйинг.
- 1 моль водород ва кислороддан иборат аралашманинг моляр массасини шу газнинг 0,5 моль водород ва 1,5 моль кислороддан иборат аралашманинг моляр массасидан фарқланишини исботланг.

параметрни Клапейроннинг бирлашган газ қонунини (11) кўллаш орқали ҳисоблайди.

Агар системадаги газ камайса ёки аксинча газ киритилса, Менделеев-Клапейроннинг бирлашган газ қонуни тенгламасини (9) кўллаш керак.

Агар бирор ҳажмда газларнинг аралашмаси мавжуд бўлса, унда моляр масса ўзгарувчан катталик бўлади. Бу ҳолда масала ечишда қуидаги тенглама ишлатилади:

$$\frac{p_1 V_1 M_1}{T_1 m_1} = \frac{p_2 V_2 M_2}{T_2 m_2}.$$

Бу тенглама Менделеев-Клапейроннинг газ ҳолати тенгламасидан олинади. Аралашмаларнинг моляр массаси қуидаги формула бўйича аниқланади:

$$M_{\text{аралашма}} = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{v_1 + v_2 + \dots + v_n},$$

бунда  $m_1, \dots, m_n$  – аралашма таркибидаги газлар массаси  $v_1, \dots, v_n$  – аралашмадаги газнинг ҳар бир турининг модда микдори,  $n$  – аралашма таркибига кирадиган газ сони.



### Жавоби қандай?

- Газ аралашмасининг моляр массасини нега аралашма таркибидаги газларнинг моляр массаларини арифметик ўртаси сифатида аниқлашга бўлмайди?

- Нега ҳолат тенгламасидан фойдаланганда барча катталикларни ХБС да ифодалаш керак, газ қонунларидан фойдаланиб ҳисоблашда эса физик катталикларнинг ўлчов бирликлари фақат мос келса бўлди, масалан, ҳажм – литрда?

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Массаси 10 г кислород  $1^{\circ}\text{C}$  ҳароратда  $p = 0,303 \text{ МПа}$  босимга эга. Доимий босимда қиздирилгач, кислород ҳажми 10 л ортди. Унинг  $V_1$  бошлангич ҳажми ва  $T_2$  охирги ҳароратини аниқланг.

**Берилган:**

$$\begin{aligned} m &= 10 \text{ г} \\ p &= 0,303 \text{ МПа} \\ t_1 &= 10^{\circ}\text{C} \\ V_2 &= 10 \text{ л} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 - ? \\ T_2 - ? \end{aligned}$$

**ХБС**

$$\begin{aligned} 10 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \\ 0,303 \cdot 10^6 \text{ Па} \\ 283 \text{ К} \\ 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \end{aligned}$$

**Ечиш:**

$$pV_1 = \frac{m}{M} RT_1 \quad \text{Менделеев-Клапейрон тенгламасидан}$$

биринчи ҳолатдаги газ ҳажмини аниқлайлик

$$V_1 = \frac{mRT_1}{Mp};$$

$$V_1 = \frac{10 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 283 \text{ К}}{0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 0,303 \cdot 10^6 \text{ Па}} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Менделеев-Клапейрон тенгламасидан газнинг иккинчи ҳолати учун охирги ҳароратни аниқлайлик:

$$pV_2 = \frac{m}{M} RT_2, \quad T_2 = \frac{pV_2}{Rm};$$

$$T_2 = \frac{0,303 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ кг}} = 1,18 \cdot 10^3 \text{ К}$$

**Жавоби:**  $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; 1,18 \cdot 10^3 \text{ К.}$

## Назорат саволлари

1. Қандай тенгламани газ ҳолатининг тенгламаси деб аталади?
2. Клапейрон иенгламасидаги термодинамик параметрларнинг нисбати қандай шароитда бажарилади?
3. Клапейрон ва Менделеев-Клапейроннинг бирлашган газ қонунларининг фарқи нимада?
4. Газ ҳолати тенгламасининг газ қонунидан асосий фарқи нимада?
5. Клапейрон тенгламасининг бажарилишини қандай тажрибада текшириш мумкин?



**Машқ**

**20**

1. Босими  $2,3 \cdot 10^5$  Па, ҳажми  $0,03 \text{ м}^3$ , массаси 30 г аммиакнинг  $\text{NH}_3$  ҳароратини аниқланг.
2. Сигими 10 л, босими 0,29 МПа, ҳарорати  $17^\circ\text{C}$  баллонда қанча модда миқдори бор?
3. Ҳарорат  $47^\circ\text{C}$ , атмосфера босими  $10^6$  Па бўлганда кислороднинг зичлигини аниқланг.
4. Агар газ ҳарорати 300 К, босими  $7,48 \cdot 10^5$  Па бўлса, унинг  $0,5 \text{ м}^3$  ҳажмида қанча молекула бор?
5. Газнинг ҳажмини 2 марта камайтирганда унинг босими 120 кПа ортди, абсолют ҳарорати эса 10% ортди. Унинг бошланғич босимини аниқланг.
6. Баллондаги газ ҳарорати  $15^\circ\text{C}$ . Агар газнинг 40%-и баллондан чиқиб кетиб, бунда ҳарорат  $8^\circ\text{C}$  пасайса, газ босими қанча марта камаяди?

## Ижодий топшириқ

«Сиқилган ва сийраклаштирилган газнинг техникада қўлланилиши» мавзусида ахборот тайёрланг.

## 21§. Изожараёнлар. Изожараёнларнинг графиклари. Дальтон қонуни

### Кутиласидиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштиргандай:

- доимий ҳароратда босимнинг ҳажмга боғлиқлигини (Бойль-Мариотт қонуни) ўргана оласиз;
- доимий босимда газ ҳажмининг ҳароратга боғлиқлигини (Гей-Люссак қонуни) ўргана оласиз;
- доимий ҳажмда босимнинг ҳароратга боғлиқлигини (Шарль қонуни) ўргана оласиз;
- сонли ва график масалалар ечишида газ қонунларидан фойдалана оласиз.

### I Изожараёнлар

Физика ва техникада изожараёнлар кенг қўлланилади.

**Изожараён** (гректча *isos* – бирдай, тенг)  
– массаси ўзгармайдиган система параметрларидан бирининг қиймати доимий бўлганда ўтадиган жараён.

Изожараёнлар учун термодинамик параметрларнинг икки ўзгарувчиси орасидаги боғлиқлик тенгламасини газ қонунлари деб аталади. Газ қонунларини Клапейроннинг бирлашган газ қонунининг хусусий ҳоллари сифатида қарашиб мумкин:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}. \quad (1)$$

### II Бойль-Мариотт қонуни

Доимий ҳароратда газ босимининг ҳажмiga боғлиқлиги қонуни Бойль-Мариотт қонуни деб аталади. Газ қонунининг тенгламасини тажрибада 1662 йили миглиз физиги Роберт Бойль ва 1676 йили ундан мустақил ҳолда француз физиги Эдмон Мариотт кашф қилган.

Бойль-Мариотт қонуни изотермик жараённи характерлайди. Изотермик жараён – берилган масса учун доимий ҳароратда термодинамик система ҳолатининг ўзгариши.

Клапейрон тенгламасидан (1)  $T = \text{const}$  газ учун:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (2)$$

ёки

$$pV = \text{const}. \quad (3)$$

### 1-топшириқ

- Клапейрон тенгламасини (1) кўйидаги уч ҳол учун турлантиринг:  
 $T = \text{const}$   
 $p = \text{const}$   
 $V = \text{const}$
- Олинган натижаларни 2, 6, 10 формулалар билан таққосланг.
- Ўзингиз ёзган қонунлар қандай аталишини аниқланг.

### Жавоби қандай?

- Катталикларни бир-бирига нисбатан тўғри ва тескари пропорционал боғланишда эканлигини қандай ажратасиз?
- Ўзингиз ёзган қонунларнинг қайси бирида катталиклар тўғри, қайси бирида тескари пропорционал боғланишда?
- Математикада тўғри пропорционаллик графикини қандай аталади?
- Тескари пропорционаллик графикни қандай аталади?

**Ҳароратнинг ўзгармас қийматида берилган массали газ босимининг ҳамига кўпайтмаси ўзгармас катталик бўлиб қолади.**

(2) тенгламадан идеал газ босими унинг ҳажмига тескари пропорционал экани чиқади:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}. \quad (4)$$

Бундай боғлиқлик графиги – гипербола бўлади, уни изотерма деб аталади. 110-расмда турли ҳарорат қийматлари учун икки жараённинг изотермаси кўрсатилган.

### III Гей-Люссак қонуни

Изобарик жараённи характерловчи газ қонунини Гей-Люссак қонуни деб аталади. Газ ҳажмининг ҳароратга боғлиқлигини экспериментал равишда текширишни 1802 йили француз физиги Жозеф Гей-Люссак бажарган.

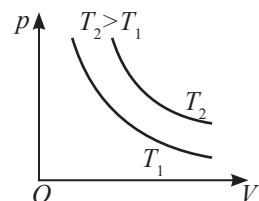
*Изобарик жараён – доимий босимда термодинамик система ҳолатининг ўзгариши жараёни.*

$p = \text{const}$  бўлганда Клапейрон тенгламасидан қўйидаги хуоса чиқади:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (5) \text{ ёки } \frac{V}{T} = \text{const}. \quad (6)$$

**Газнинг массаси доимий ва босими ўзгармаса, унинг ҳажмининг ҳароратга нисбати ўзгармас катталик бўлиб қолади.**

(5) тенгламадан ҳажмнинг ҳароратга тўғри пропорционал эканлиги чиқади:  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ . VT-диаграммасида боғланиш графиги координаталар боши орқали ўтувчи тўғри чизикни беради (112-расм). Изобарик жараённинг графигини изобара деб аталади. Идеал газлар учун қўлланадиган газ қонунлари паст ҳароратларда бажарилмайди. Шунинг учун VT-диаграммасида паст ҳароратдаги график штрих чизиклар билан белгиланади.

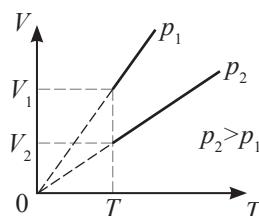


110-расм. Изотермалар

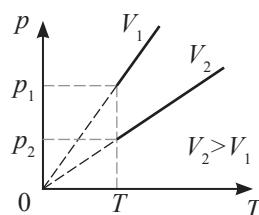
### 2-топширик

110–112-расмларда кўрсатилган диаграммалар учун қўйидаги шартлар бажарилишини исботланг:

$$\begin{aligned} T_2 &> T_1 \\ p_2 &> p_1 \\ V_2 &> V_1 \end{aligned}$$



111-расм. Изобаралар



112-расм. Изохоралар

## IV Шарль қонуни

Доимий ҳажмда газ босимнинг ҳароратга боғлиқлигини 1787 иили француз олими Жан Шарль экспериментал аниқлади ва бу қонун *Шарль қонуни* деб аталди.

*Изохорик жараён деганимиз – доимий ҳажмда термодинамик система ҳолатининг ўзгариши жараёни.*

$V = \text{const}$  бўлганда Клапейрон тенгламасидан кўйидаги келиб чиқади:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad (7)$$

ёки

$$\frac{p}{T} = \text{const} \quad (8).$$

### 3-топшириқ

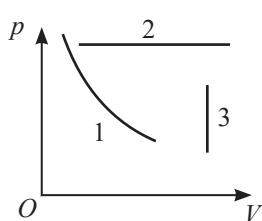
113 а, б, в расмларда тасвирланган диаграммаларни қаранг. Ҳар бир диаграммада қандай жараёнларнинг графиклари тасвирланган? Ўз жавобларингизни асосланг.

**Газнинг массаси доимий бўлганда ва ҳажм ўзгармаганда, газ босимсининг ҳароратга нисбати ўзгармас катталик бўлади.**

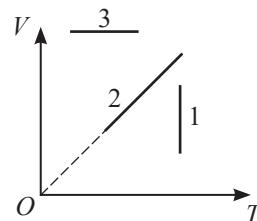
Босим абсолют ҳароратга тўғри пропорционал боғлиқ:  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \cdot p$  босимнинг  $T$  ҳароратга боғлиқлик графиги – 114-расмда кўрсатилган, у изохора деб аталади.

## V Изожараёнларни турли диаграммаларда график равишда тасвирлаш

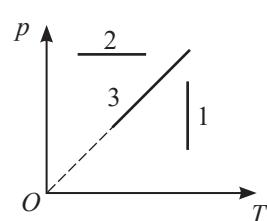
113-расмда  $pV$ ,  $VT$  ва  $pT$  диаграммаларда изотерма – 1, изобара – 2, изохора – 3 тасвирланган.



a)



б)

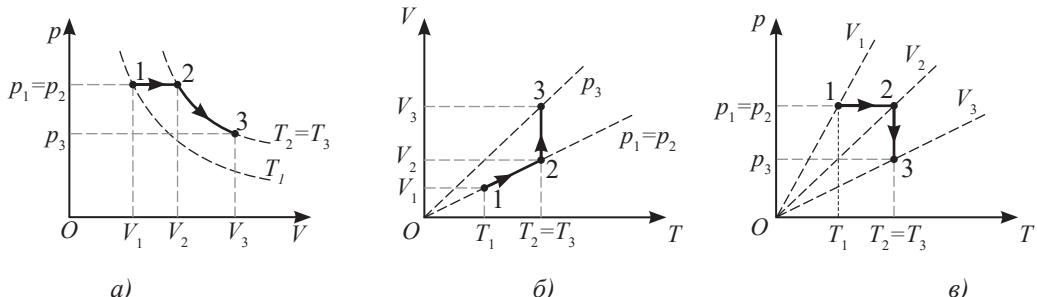


в)

113-расм. Изожараёнлар диаграммаси

Диаграммадаги исталган нукта газ ҳолатига, чизиқ эса – термодинамик жараёнга мос келади.  $pV$ -диаграммасида газнинг уч ҳолатини уларга мос келувчи  $p_1 T_1 V_1$ ,  $p_2 T_2 V_2$ ,  $p_3 T_3 V_3$  параметрлари билан белгилайлик (114 а) расм). Бир ҳолатдан иккинчи-сига ўтиш йўналишини стрелкалар билан белгилайлик. Диаграммадан фойдаланиш қулай бўлиши учун қўшимча чизиқ – биринчи ҳолатдаги газ ҳароратига тенг  $T_1$  ҳарорат учун изотерма ўтказайлик. Диаграммадан 1-ҳолатдан 2-ҳолатга ўтиш изобарик амалга ошиши кўриниб турибди  $p_1 = p_2$ , бу вақтда газ ҳарорати ортади  $T_2 > T_1$ , ҳажм ортган, демак 1-ҳолатдан 2-ҳолатга ўтганда газ изобарик кенгаяди. 2-ҳолатдан 3-ҳолатга ўтганда газ босими камаяди:  $p_3 < p_2$ , ҳажм ортади, газ изотермик кенгаяди.

Газнинг 1-ҳолатдан 2-ҳолатга ўтишини, кейин 3-ҳолатга ўтишини  $VT$ -диаграммасида (114 б) расм) ва  $pT$ -диаграммасида (114 б) расм) тасвирлаш мумкин.



114-расм. Тури диаграммаларда термодинамик жараёнларни тасвирлаши  
1-2 изобарик кенгайши, 2-3 изотермик кенгайши

## VI Дальтон қонуни. Парциал босим

Кимёвий реакцияга киришмайдиган газлар ара-лашмаси учун идишдаги молекулаларнинг умумий сони аралашма таркибиغا кирадиган газ молекулаларининг йигиндисига тенг:

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_n.$$

Бундай газларга мисол сифатида азот, кислород, водород ва инерт газларни келтиришга бўлади.

Тенгламани идишнинг ҳажмига бўламиз:

$$n = n_1 + n_2 + \dots + n_n.$$

Газларнинг концентрацияси учун олинган тенг-ламани  $p = nkT$  газ ҳолатининг тенгламасига олиб бориб қўямиз:

$$p = (n_1 + n_2 + \dots + n_n)kT.$$

Қавсларни очсак:  $p = n_1 kT + n_2 kT + \dots + n_n kT$ .

Бу формуладаги қўшилувчилар аралашма таркибиغا кирувчи газларнинг босими мини беради, оларни **парциал босим** деб аталади.

### Эсада сақланг!

Атмосфера босими азот-нинг, кислороднинг, сув буғларининг ва ҳаводаги барча аралашмаларнинг босимидан пайдо бўлади.  
 $p_{atm} = p(N_2) + p(O_2) + p(H_2O) + \dots$

**Парциал босим (потинча – partialis – заррали) – шу ҳароратда ара-лашма эгаллаган ҳажмни аралашма таркибидаги биргина газнинг ўзи эгаллаган ҳолдаги босими.**

Аралашманинг босими парциал босимларнинг йигиндисидир.

Парциал босим берилган газнинг аралашмадаги улушкига мос келувчи умумий босимнинг бир қисмини ташкил қиласди.

**Кимёвий реакцияга киришмайдиган идеал газлар аралашмасининг босими алоҳида газларнинг парциал босимларининг йигиндисига тенг.**

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n.$$

Бу қонунни 1809 йили инглиз олимни Джон Дальтон қашф қиласди учун **Дальтон қонуни** деб аталади.

## Назорат саволлари

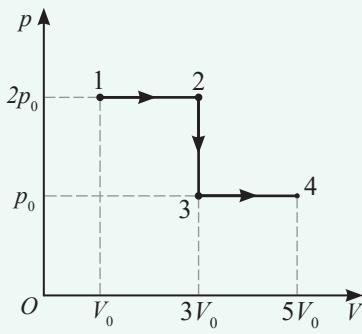
- Изожараён деганимиз нима?
- Қандай жараён изотермик жараён деб аталади? Изобарик жараён, изохорик жараён деганимиз нима?
- Қандай қонунларни газ қонунлари деб аталади?
- Газ қонунларини таърифланг.
- Қандай босим парциал босим деб аталади?
- Дальтон, Авогадро қонунларини таърифланг.



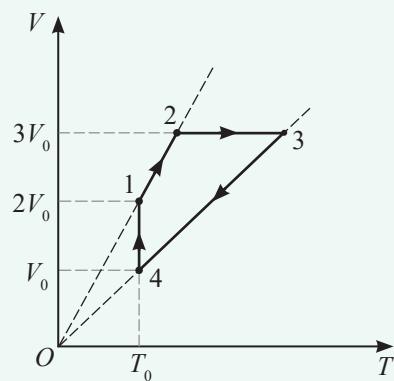
## Машқ

21

- Босими 1 МПа бўлган 10 л ҳавоси бор идишни сифими 4 л бўш идиш билан туташтиради. Идишларда юзага келган босимни аниқланг. Жараён изотермик.
- 27°C ҳароратда газнинг ҳажми 10 л. Унинг ҳажми бошланғич ҳажмидан 25 фоизга кичиклашиши учун қандай ҳароратгача изобарик совитиш керак?
- $T = 280\text{ K}$  ҳароратда зич беркитилган бутилканинг ичидаги ҳаво босими  $p = 100\text{ kPa}$ . Агар бутилкадан тиқинни  $F = 10\text{ H}$  куч билан юлиб олиш мумкин бўлса, тиқин учиб чиқиши учун бутилкани қандай ҳароратгача киздиришимиз керак? Тиқин кесимининг юзи  $S = 4\text{ cm}^2$ .
- $pT$  ва  $VT$ -диаграммаларида идеал газ билан ўтадиган жараёнларни (115-расм) тасвирланг. 4 ҳолатдаги газнинг ҳарорати 1 ҳолатдаги ҳароратдан неча марта катта?
- 116-расмда  $VT$  координаталарида идеал газ бажарадиган цикл диаграммаси берилган. Шу циклнинг диаграммасини  $pV$  координатасида тасвирланг. Шу циклдаги газ ҳажмининг энг катта қийматини энг кичик қийматига нисбатини аниқланг.



115-расм. 4-масалага



116-расм. 5-масалага

## 7-бобнинг хулосаси

Менделеев-Клапейроннинг ҳолат тенгламаси	Бирлашган газ қонуни	
Дальтон қонуни	Клапейроннинг	Менделеев-Клапейроннинг
$pV = \frac{m}{M} RT$	$m = \text{const}$ $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$	$\frac{p_1 V_1 M_1}{T_1 m_1} = \frac{p_2 V_2 M_2}{T_2 m_2}$ $\frac{pV M}{m T} = \text{const}$
$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n$	$\frac{pV}{T} = \text{const}$	
Бойль-Мариоттнинг	Гей-Люссакнинг	Шарльнинг
Газ қонунлари		
$m = \text{const}, T = \text{const}$ $p_1 V_1 = p_2 V_2$	$m = \text{const}, p = \text{const}$ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	$m = \text{const}, V = \text{const}$ $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$
$pV = \text{const}$	$\frac{V}{T} = \text{const}$	$\frac{p}{T} = \text{const}$

### Қонунлар

**Бойль-Мариотт қонуни:** Ҳароратнинг доимий қийматида маълум массали газ босимиининг унинг ҳажмига кўпайтмаси доимий катталик бўлиб қолади.

**Гей-Люссак қонуни:** Газнинг массаси доимий ва босим ўзгармас бўлса, унинг ҳажмининг ҳароратга нисбати доимий катталик бўлиб қолади.

**Шарль қонуни:** Газнинг массаси доимий бўлганда ва ҳажми ўзгармас бўлса, унинг босимиининг ҳароратга нисбати доимий катталик бўлиб қолади.

**Клапейроннинг бирлашган газ қонуни:** Берилган газ массаси учун абсолют ҳажм ва босим кўпайтмасининг ҳароратга нисбати газ ҳолатига боғлиқ бўлмасдан доимий катталик бўлади.

**Дальтон қонуни:** Кимёвий реакцияга киришмайдиган идеал газлар аралашмасининг босими алоҳида олинган газнинг парциал босимлари йигиндисига teng бўлади.

## **Глоссарий**

**Газ қонуни** – изожараёнлар учун термодинамик параметрларнинг икки ўзгарувчиси орасидаги боғланиш тенгламаси.

**Изожараён** – массаси ўзгармайдиган система параметрларидан бирининг қиймати доимий бўлганда ўтадиган жараён.

**Изотермик жараён** – берилган масса учун доимий ҳароратда термодинамик система ҳолатининг ўзгариш жараёни.

**Изобарик жараён** – доимий босимда термодинамик система ҳолатининг ўзгариш жараёни.

**Газ ҳолатининг тенгламаси** – термодинамик параметрларни ўзаро боғловчи тенглама.

**Парциал босим** – шу ҳароратда аралашма эгаллаган ҳажмни аралашма таркибига кирувчи биргина газнинг ўзи эгаллаган ҳолдаги босим.

8-БОБ

## ТЕРМОДИНАМИКА АСОСЛАРИ

Термодинамика жисмларнинг иссиқлик энергиясини машинанинг механик энергиясига айлантириш усуллари ҳақидаги экспериментал фан сифатида пайдо бўлган. Иссиқлик машиналари қўл меҳнатини механизациялашда асосий ролни бажаришган ва ҳозирги кунда ҳам бажармоқда.

Иссиқлик алмашиниш одам ҳаётидаги асосий жараёнларнинг бири бўлганидан, кейинроқ термодинамика асослари физиканинг кўп бўлимларига кириб борди.

**Термодинамика – механик ва ички энергиянинг ўзаро айланишлари билан, ички энергиянинг бир жисмдан бошқа жисмга узатилиши билан боғлиқ ҳодисаларни тадқиқ қиласидиган физика бўлими.**

### Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:

- масала ечишда бир атомли ва икки атомли идеал газнинг ички энергиясини ҳисоблаш формулаларидан фойдаланишни;
- термодинамиканинг биринчи қонунини изожараёнлар ва адабатик жараёнларга қўллашни;
- идеал иссиқлик двигатели учун Карно циклини тавсифлашни;
- масала ечишда иссиқлик двигателининг фойдали иш коэффициентини ҳисоблаш формуласидан фойдаланишни ўрганасиз.

## 22§. Идеал газнинг ички энергияси. Термодинамик иш. Иссиқлик миқдори, иссиқлик сиғими

### Кутиладиган натижага:

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- Масала ечишда бир атомли ва икки атомли идеал газнинг ички энергияси формулаларидан фойдалана оласиз.

### Эсга туширинг!

(8-синф физика курсидан)

Жисм ички энергияси ўзгаришининг иккиси усули:

- 1) механик иш бажариш;
- 2) иссиқлик узатиши.

Иссиқлик узатишнинг уч усули:

- 1) иссиқлик ўтказувчанлик;
- 2) конвекция;
- 3) нурланиш.

### Жавоби қандай?

Бу параграфда берилган ички энергияни ҳисоблаш формуласи нега фақат идеал газлар учун қўлланилади?

### 1-топширик

1. Ички энергиянинг икки хил усулда ўзгаришига мисол келтиринг.
2. Иссиқлик узатишнинг ҳар бир турига таъриф беринг, мисол келтиринг.

Ички энергия газ бир ҳолатдан бошқа ҳолатга ўтганда ўтиши жараёнига боғлиқ эмас, у фақат  $p$ ,  $V$ ,  $T$  ҳолат параметрларига боғлиқ.

Харорат ўзгарганда газнинг ички энергияси ўзгаради. Ички энергиянинг ўзгариши:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} (T_2 - T_1)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} v R \Delta T . \quad (6)$$

Газнинг ички энергиясининг ўзгариши жисм ҳароратининг ўзгаришига тўғри пропорционал. Агар ҳарорат доимий бўлиб қолса, унда газнинг ички энергияси ўзгармайди.

### I Ички энергия

МКН бўйича жисмнинг ички энергияси – бу жисмни ташкил қилган заррачаларнинг ўзаро таъсирининг потенциал энергияси ва уларнинг иссиқлик ҳаракатининг ўртача кинетик энергиясининг йигиндиси.

Ички энергия ҳароратнинг, ҳажмнинг функцияси  $U$  ( $T$ ,  $V$ ) бўлиб ҳисобланади, сабаби зарра ҳаракатининг энергияси жисм ҳароратига тўғри пропорционал:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} k T \quad (1),$$

ўзаро таъсирининг потенциал энергияси эса уларнинг орасидаги масофага, демак, жисм ҳажмига ҳам боғлиқ.

Бирор ҳажмдаги идеал газнинг ички энергиясини аниқлайлик. Идеал газнинг ўзаро таъсирининг потенциал энергияси ҳисобга олмайдиган даражада оз, шунинг учун жисмнинг ички энергияси унинг барча молекулаларининг ўртача кинетик энергиясининг йифиндисига teng:

$$U = N \bar{E} = v N_A \frac{3}{2} k T = \frac{3}{2} v R T . \quad (2)$$

Модда миқдоринии массанинг моляр массага нисбати билан алмаштирамиз:

$$v = \frac{m}{M} , \quad (3)$$

бир атомли идеал газнинг ички энергиясини ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R T . \quad (4)$$

Менделеев-Клапейроннинг ҳолат тенгламасидан фойдаланиб, бир атомли газнинг ички энергиясини босим ва ҳажм орқали ифодалайлик:

$$U = \frac{3}{2} p V \quad (5)$$

## II Кўп атомли газларнинг ички энергияси

Бир атомли газларнинг ички энергияси  $i = 3$  уч эркинлик даражаси билан характерланувчи атомларнинг иссиқлик ҳаракатининг кинетик энергияси билан аниқлади, сабаби фазо – уч ўлчовли. (4) ва (5) формулаларга эркинлик даражасининг белгилашини киритамиз:

$$U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} RT \quad (7)$$

ёки

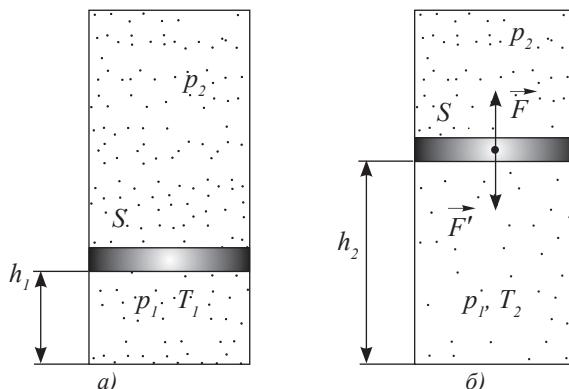
$$U = \frac{i}{2} pV, \quad (8)$$

бу ерда  $i$  – эркинлик даражасининг сони.

Икки атомли молекулалар ўзларининг икки ўқи атрофида айналади, шунинг учун уларда эркинлик даражасининг сони 2-га ортади ва  $i = 5$  бўлади. Уч ва ундан кўп атомли газлар учун молекулалар ичидаги атомларнинг тебранма ҳаракати сезила бошлайди. Бундай атомларнинг эркинлик даражаси  $i = 6$  бўлади.

## III Кенгайишда газнинг ёки буғнинг иши

Газнинг кенгайишдаги ишини аниқлайлик. Газ вазнсиз поршен остидаги идишда жойлашган бўлсин. Иситилганда газ босими оргади, босим ташки мухитнинг босимига тенг  $p_1 = p_2$  (117-расм) ёки  $F = F'$  бўлгунча поршен кўчади. Бу вақтда ҳаракатланётган молекулаларнинг ички энергияси поршен ҳаракатининг механик энергиясига айланади.



117-расм. Газ кенгайишда иши бажаради

Иши – бу энергиянинг бир турдан бошқа турга айланнишининг ўлчови. Кенгайишда газнинг бажарадиган иши:

$$A = F(h_2 - h_1) = pS(h_2 - h_1)$$

ёки:

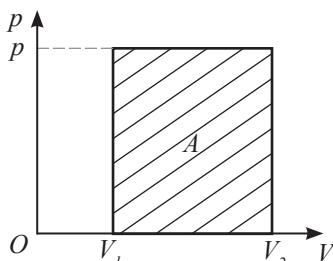
$$A = p\Delta V \quad (9)$$

бу ерда  $p$  – газ босими,  $S$  – поршен юзи,  $\Delta V$  – поршен остидаги газ ҳажмининг ўзгириши.

Ташки кучнинг иши:  $A' = F(h_2 - h_1) = -A$ . Кенгайишда газнинг иши мусбат  $A > 0$ , ташки босим кучининг иши манфий бўлади  $A' < 0$ . Сиқилганда газ иши манфий, ташки кучларнинг иши мусбат бўлади, демак:

$$A' = -A. \quad (10)$$

$pV$ -диаграммасида (118-расм) жараён графиги, абцисса ўқи ва  $V_1$  билан  $V_2$  нуқталарда ўтказилган перпендикулярлар билан чегараланган юза сон қиймати бўйича газ ишига тенг.



118-расм. Диаграммадаги график остидаги фигура юзи соң қиймати бүйича газнинг бажарадиган шишига тенг



### Жавоби қандай?

- Иссиқлик миқдори өа ишнинг ўлчов бирлиги сифатида нега жоуль олинган?
- Сизга энергиянинг яна қандай ўлчов бирлиги маълум? Шу ўлчов бирликларининг жоуль билан муносабатини кўрсатинг.

## IV Иссиқлик миқдори. Иссиқлик сиғими

Иссиқлик миқдори  $Q$  – иссиқлик узатилиши вақтида ички энергиянинг ўзгаришининг миқдорий ўлчови. У жоуль билан ўлчанади.

$$[Q] = 1 \text{ Дж.}$$

Исиш, совиш ва модданинг фазавий ўтишларда иссиқлик миқдорини ҳисоблаш формулалари сизга 8-синф физика курсидан таниш (9-жадвал).

Исиш ва совища иссиқлик миқдорини ҳисоблаш учун *модданинг солиштирма иссиқлик сиғими* киритилган. Фазавий ўтишда иссиқлик миқдорини аниқлаш учун модданинг солиштирма иссиқлик сиғими қўлланилади (10-жадвал).

Жисмнинг иссиқлик сиғимини  $C_D$  қўллаш исиш ва совиш вақтида иссиқлик миқдорини ҳисоблашни осонлаштиради. Жисмнинг иссиқлик сиғими – массаси  $t$  жисмнинг ҳарорати  $1 \text{ К-га}$  ўзгарганда оладиган ёки берадиган иссиқлик миқдори.

Жисмнинг иссиқлик сиғими ва модданинг – солиштирма иссиқлик сиғими қўйидагича боғланишида:

$$C_D = cm \quad (12)$$

Жисмнинг иссиқлик сиғимини қўлласак, иссиқлик миқдорини ҳисоблаш формуласи қўйидаги кўринишда бўлади:

$$Q = C_D (t_2 - t_1) \quad (13)$$



### Эсда сақланг!

$1 \text{ кал} \approx 4,19 \text{ Дж}$



### Эътибор беринг!

Формулалардаги манфий ишора энергия жисмдан бошқа жисмларга ёки артоф муҳитга узатилишини кўрсатади.



### 2-топшириқ

10-жадвалда берилган катталикларга таъриф беринг.



### Эсда сақланг!

Жисмнинг иссиқлик сиғимининг ўлчов бирлиги:

$$[C_D] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

9-жадвал. Иссиқлик миқдоринии ҳисоблаш формулалари

Жараён	Формула
Исиш ва совиш	$Q = cm(t_2 - t_1)$
Эриш	$Q = \lambda m$
Қотиш	$Q = -\lambda m$
Қайнаш	$Q = r \cdot m$
Конденсация	$Q = -r \cdot m$
Ўтингнинг ёниши	$Q = qm$

## 10-жадвал. Физик күттәликлар ва уларнинг ўлчов бирликтери

Физик күттәлик	Белгиланиши	Ўлчов бирлиги
Модданинг солиширма иссиқлик сиғими	$c$	$[c] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Солиширма эриш иссиқлиги	$\lambda$	$[\lambda] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Солиширма буғланиш иссиқлиги	$r$	$[r] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Ўтиннинг солиширма ёниш иссиқлиги	$q$	$[q] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

### V Иssiқлик баланси тенгламаси

Ҳароратлари турлича иссиқлик изоляцияланган жисмлар системасида иссиқлик алмашиниш жараёни боради. Жараён системада иссиқлик мувозанати ўрнатилгунча давом этади. Бу ҳолда жисмлар системаси учун иссиқлик баланси тенгламаси бажарилади:

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0, \quad (9)$$

бу ерда  $n$  – системадаги жисмлар сони.

Агар иссиқлик алмашини натижасида жисм энергия ютса, унда (9) тенгламадаги жисмга узатиладиган иссиқлик миқдори мусбат, агар жисм энергия ажратса – иссиқлик миқдори манфий бўлади.

### МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Ҳарорати – 20°C музга тўлиқ ботирилган қиздирилган алюминий кубнинг бошланғич ҳароратини аниқланг. Кубнинг совишида ҳажм ўзгаришини ҳисобга олманг.

<b>Берилган:</b>	<b>ХБС</b>
$t_1 = -20^\circ\text{C}$	253 K
$c_1 = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	
$c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	
$\rho_1 = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	
$\rho_2 = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	
$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	
$T_2 - ?$	

**Ечиш:**  
 Куб тўлиқ музга ботиши учун ҳажми қуб ҳажмидай муз эриши лозим. Икки жисм учун иссиқлик баланс тенгламасини ёзайлик:  $Q_1 + Q_2 = 0$  бу ерда  $Q_1$  – музнинг 0°C гача исиши ва кейин эришида олган иссиқлик миқдори,  $Q_2$  – кубни 0 °C гача совитганда ундан ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдори.  

$$Q_1 = c_1 m_1 (T_{\text{эриши}} - T_1) + \lambda m;$$

$$Q_2 = c_2 m_2 (T_{\text{эриши}} - T_2), m_1 = \rho_1 V, m_2 = \rho_2 V$$
 бўлганидан, келаси формулани оламиз:  

$$c_1 \rho_1 V (T_{\text{эриши}} - T_1) + \lambda \rho_1 V + c_2 \rho_2 V (T_{\text{эриши}} - T_2) = 0.$$
 Охиригина тенгламадан қавсларни очиб, ушбуни оламиз:  

$$T_2 = \frac{c_1 \rho_1 (T_{\text{эриши}} - T_1) + \lambda \rho_1}{c_2 \rho_2} + T_{\text{эриши}}.$$

Ҳисоблашларни бажарайлик:

$$T_2 = \frac{2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} (273 - 253) K + 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} + 273 K = 303 K$$

**Жавоби:** 303 K.

## Назорат саволлари

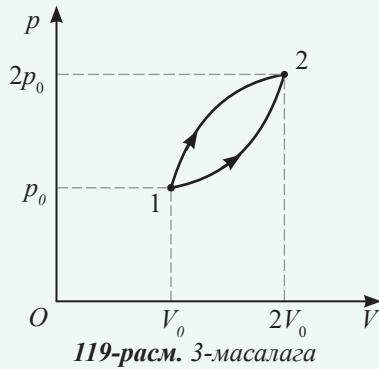
- Ички энергия деганимиз нима? У қандай параметрларга боғлиқ?
- Жисм ёки жисмлар системасининг ички энергиясини қандай усулларда ўзgartириш мумкин?
- Иссиқлик узатиш турларини айтинг. Уларга таъриф беринг.
- Иссиқлик миқдори нима? Сизга иссиқлик миқдорини ҳисоблашнинг қандай формулалари маълум?
- Жисм иссиқлик сифимининг модданинг солишишторма иссиқлик сифимидан фарқи қандай?
- Бажарилган ишнинг физик маъноси қандай?



**Машқ**

**22**

- 240 г кислородни 100 К гача совитганда унинг ички энергияси қандай ўзгаради?
- Ҳарорати  $27^{\circ}\text{C}$ , миқдори 5 моль бир атомли идеал газнинг ички энергиясини аниқланг.
- Газнинг ички энергиясининг ўзгариши унинг 1 ҳолатдан 2 ҳолатга ўтиш усулига боғлиқми (*119-расм*)? Газ бир атомли бўлса 1 ҳолатдан 2 ҳолатга ўтишда ички энергиянинг ўзгаришини аниқланг.  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ ,  $V_0 = 2 \text{ л}$ .
- Бошлангич ҳарорати  $T = 300 \text{ K}$  бўлган 1 моль газ  $A = 12,5 \cdot 10^3 \text{ Дж}$  иш бажариб, изобарик кенгаяди. Шу вақтда газнинг ҳажми неча марта ортади?
- Массаси  $m = 220 \text{ г}$  бўлган модданинг маълум бир миқдорини  $t_1 = 330^{\circ}\text{C}$  ҳароратгача иситилади ва кейин уни калориметрнинг массаси  $m = 90 \text{ г}$  алюминий идишига солади. Идишда ҳарорати  $t_2 = 11,5^{\circ}\text{C}$ , массаси  $m_3 = 150 \text{ г}$  сув жойлашган. Массаси  $m_4 = 17 \text{ г}$  идиш термометр билан ўлчанганд охирги ҳарорати  $t_3 = 33,8^{\circ}\text{C}$ . Бу модданинг солишишторма иссиқлик сифими қандай? Термометрнинг бошлангич ҳарорати  $t_4 = 20^{\circ}\text{C}$ .



## 23§. Термодинамиканинг биринчи қонуни. Термодинамиканинг биринчи қонунини изожараёнларга тадбиқи. Адиабатик жараён, Пуассон тенгламаси

### Кутиладиган натижә:

Бу параграфни ўзлаштирғанды:

- термодинамиканинг биринчи қонунини изожараёнлар ва адиабатик жараёнларга тадбиқ қила оласыз.



### Жавоби қандай?

- Қүйидаги құрілмалар ишилғанда қандай жараёнлар бажарилады: хавфсизлик ёстиқчаси, пневматик тормоз, кувалда, манометр, барокамера, ички ёниш двигателели (ИЁД), буғ машинаси, насос?
- Изожараёнлар қандай құрілмаларда күзатылады?



### Жавоби қандай?

Қаттық жисмлар ички энергиясининг ўзгариши негажисмға берилған ёки жисмдан ажralған иссиқлик миқдорини ҳисоблағына аниқлаш мүмкін?

### I Термодинамиканинг биринчи қонуни

Энергия узатилишининг иккى усулини ҳисобға олиб, термодинамиканинг биринчи қонунини таърифлайлық.

**Бир ҳолатдан икінчи ҳолатта үтганды жисм ички энергиясининг ўзгариши  $\Delta U$  ташқи күчларнинг бажарған иши  $A'$  ва жисмға берилған иссиқлик миқдорининг  $Q$  ийғиндисига тенг:**

$$\Delta U = A' + Q \quad (1)$$

Термодинамиканинг биринчи қонуни иссиқлик жараёнлар учун энергиянинг сақланиши ва бир-бирига айланыш қонуни ҳисобланады.

Жисмнинг ички энергияси ўзгаришини унинг ҳолатига бояғып караңға бўлади.

Жисм ҳароратининг ортиши, унинг майдаланиши ёки сочилиши, эриши, қайнаши, буғланиши, ҳажмининг кенгайиши ички энергиянинг ортишини кўрсатади.

Агар бир ёки бир неча жисмларнинг ҳолатини ўзгартириши учун энергия сарфланса, унда уларнинг ички энергияси ортади.

Газнинг иши ва жисмнинг бажарған ишининг ишоралари қарама-қарши:

$$A = -A'.$$

Охирги муносабатдан фойдаланиб, газлар учун термодинамиканинг биринчи қонунини ёзайлик:

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

**Газга берилған иссиқлик миқдори ички энергиянинг ўзгаришига ва газнинг иш бажаришига сарфланади.**

Кенгайишида қаттық жисмлар ҳажмининг жуда оз ўзгаришини ҳисобға олсан, жисмға берилған иссиқлик миқдори асосан унинг ички энергиясининг ўзгаришига сарфланади:

$$Q = \Delta U.$$

### II Изохорик жараён учун термодинамиканинг биринчи қонуни

Изохорик жараёнда газ ҳажми ўзгармайды, демак газ иш бажармайды. Термодинамиканинг биринчи қонуни қуйидаги кўринишга келади:

$$V = \text{const} \text{ бўлганда } Q_v = \Delta U \quad (1)$$

бу ерда  $Q_v$  – изохорик жараёнда газга берилған иссиқлик миқдори.

Олинган (1) формулага иссиқлик миқдорини ва ички энергиянинг ўзгаришини ҳисоблаш формулаларини қўямиз:

$$Q_v = c_v m \Delta T,$$

бу ерда  $Q_v$  – изохорик жараёнда газ олган иссиқлик миқдори  $\Delta U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T$ ,  
унда  $c_v m \Delta T = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T$ .

Тенгламанинг икки томонини  $m \Delta T$  ифодага бўламиз, шунда доимий ҳажмда газнинг солиштирма иссиқлик сигимини ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$c_v = \frac{i}{2} \cdot \frac{R}{M}. \quad (2)$$

Доимий ҳажмда идеал газдин солиштирма иссиқлик сигими:  $c_v = \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{M}$ ,  
икки атомли газ учун  $c_v = \frac{5}{2} \cdot \frac{R}{M}$ .

Термодинамиканинг бир қатор масалаларини ечишда модданинг моляр иссиқлик сигимидан фойдаланилади, у модданинг солиштирма иссиқлик сигими моляр масага кўпайтмасига тенг. Доимий ҳажмда газнинг моляр иссиқлик сигими:

$$C_M = C_v M = \frac{i}{2} \cdot \frac{R}{M} \cdot M$$

$$C_M = \frac{i}{2} \cdot R. \quad (3)$$

### Моляр иссиқлик сигими – бу модданинг бир молини иссиқлик сигими.

$$\text{Ўлчов бирлиги } [C_M] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{молъ}} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{молъ} \cdot \text{К}}.$$

## III Изобарик жараён учун термодинамиканинг биринчи қонуни

Изобарик жараёнда олинган иссиқлик миқдори газнинг ички энергиясининг ўзгаришига ва газнинг иш бажаришига сарф бўлади:

$$Q = \Delta U + A. \quad (4)$$

Изобарик жараён учун термодинамиканинг биринчи қонунига (4) иссиқлик миқдорини  $Q$ , ички энергиянинг ўзгаришини  $\Delta U$  ва  $A = p \Delta V = \frac{m}{M} R \Delta T$  ишни ҳисоблаш формулаларини қўямиз:

$$c_p m \Delta T = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T + \frac{m}{M} R \Delta T, \quad (5)$$

бу ерда  $C_p$  – изобарик жараёндаги газнинг солиштирма иссиқлик сигими.

(5) тенгламани  $m \Delta T$  ифодага бўламиз, шунда изобарик жараён учун газнинг солиштирма иссиқлик сигимини ҳисоблаш формуласини оламиз:  $c_p = \frac{i}{2M} R + \frac{R}{M} = c_v + \frac{R}{M}$   
ёки  $c_p = \frac{R}{M} \left( \frac{i}{2} + 1 \right)$



### Жавоби қандай?

- Нега газлар учун солиштирма иссиқлик сигимининг бир неча қиймати киритилган?
- Газнинг солиштирма иссиқлик сигими нега изохорик жараёнга қараганда изобарик жараёнда каттароқ бўлади?

Доимий босимда газнинг моляр иссиқлик сифими:

$$C_{Mp} = R \left( \frac{i}{2} + 1 \right) \quad (6)$$

Изохорик ва изобарик жараёнлардаги газнинг моляр иссиқлик сифимлари орасидаги боғланишини немис олими Р.Майер аниқлади:

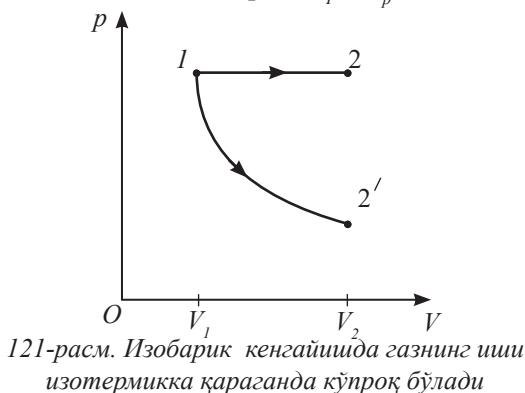
$$c_{Mp} = c_{Mv} + R. \quad (7)$$

#### IV Изотермик жараён учун термодинамика нинг биринчи қонуни

Агар газ ҳарорати ўзгармаса, унинг ички энергияси доимий катталик бўлиб қолади, унда термодинамика нинг биринчи қонуни кўйидаги кўринишда бўлади:

$$Q_T = A. \quad (8)$$

Изотермик жараёнда газнинг босими ва ҳажми ўзгаради, бу газ ишини аниқлашни қийинлаштиради. Сифат масалаларда газ ишини  $pV$  диаграммасидаги фигура юзи бўйича аниқлашга бўлади. 121-расмда икки жараён тасвирланган:  $1 \rightarrow 2$  изобарик кенгайиш ва  $1 \rightarrow 2'$  изотермик кенгайиш. Қаралаётган жараёнларда газ ҳажми бирдай қийматга ўзгаради  $\Delta V = V_2 - V_1$ . Графиклардан кўринишича, изотермик жараёнда бажариладиган иш изобарик жараёнда бажариладиган ишга нисбатан камроқ:  $A_T < A_p$ .



#### V Иssiқлик баланс тенгламаси

Ҳароратларининг қийматлари турлича иссиқликдан изоляцияланган жисмлар системасида иссиқлик алмашиниш жараёни боради. Жараён системада иссиқлик мувозанати ўрнатилгунча давом этади. Бу холда жисмлар системаси учун иссиқлик баланс тенгламаси бажарилади:

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0, \quad (9)$$

бу ерда  $n$  – системадаги жисмлар сони.

#### Бу қизиқ!

Немис врачи ва табиатшуноси Р. Майер 1841 йили голландия кемасида Ява оролига кема врачи сифатида сафари вақтида иссиқлик жараёнларидаги энергиянинг сақланиш қонунини кашф қилди.

Унинг шимолий ва жанубий кенгликлардаги даволанувчиларнинг артерия ва вена томирларидаги қонларининг рангини солишириши шу янгиликнинг очилишига сабаб бўлди.

Р.Майер тирик организмлардаги жараёнларга энергиянинг сақланиш қонунини кўллаган.

У Ердаги қўёш энергиясининг аккумулятори ўсимликлар эканлигини, бошқа организмларда эса унинг фақат бир турдан иккинчисига айтанишини айтган.

#### Эътибор беринг!

Универсал газ доимийси доимий босимда 1 моль газнинг ҳароратини

1 Кга орттириш учун қандай иш бажариш кераклигини кўрсатади.

Буни исботлайлик. Газ ишини хисоблаш формуласидан универсал газ доимийсини ифодалайлик:  $A = vR\Delta T$

шунда:  $R = \frac{A}{v\Delta T}$ .

$v=1$  моль,  $\Delta T = 1 K$  бўлганда,  $R = A$ .

#### Топшириқ

1. Табиатдаги, техника ва турмушдаги изожараёнларга мисол келтиринг.
2. Барча бир атомли газларнинг моляр иссиқлик сифимлари бирдай ва изохорик жараёнда энг кичик қийматга эга бўлишини исботланг.

Агар иссиқлик алмашиниши натижасида жисм энергия ютса, унда (9) тенгламадаги жисмга бериладиган иссиқлик миқдори мусбат, агар энергия ажратса – иссиқлик миқдори манфий бўлади.

## V Адиабатик жараён, Пуассон тенгламаси

Адиабатик жараён иссиқликтан изоляцияланган газлардагина бажарилади.

**Адиабатик жараён – термодинамик системада атрофдаги жисмлар билан иссиқлик алмашиниш бўлмаган ҳолатда бажариладиган жараён.**

Харорат ортадиган адиабатик жараёнга ҳаво ўтолгичида ёниш моддасининг буғи билан бирга ҳавонинг сиқилиши ёки ИЁД цилинтрида бензин аралашмасининг сиқилиши мисол бўла олади. Сув буғидан иборат ҳавонинг  $O$  адиабатик кенгайиши натижасида булутлар тузилади.

Адиабатик жараён учун  $Q = 0$ , унда термодинамиканиң биринчи қонуни қўйидагича бўлади:

$$\Delta U = A' \quad (10)$$

ёки  $A = -\Delta U \quad (11)$ .

Адиабатик жараёнда ташқи кучларнинг иши газнинг ички энергиясининг ортишига тенг (10). Адиабатик жараёнда газ иши фақат ички энергиянинг камайиши ҳисобига бажарилади (11). Ана шу пайтда газ совийди.

Бирдай қимматга кенгайганда адиабатик жараёндаги газнинг иши изотермик жараёнга қараганда кам бўлади. Бу холосага 122-расмдаги  $pV$ -диаграммаси орқали кўз етказиш мумкин.

Адиабатик жараён учун Пуассон тенгламаси бажарилади:

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \quad \text{ёки} \quad p V^\gamma = \text{const}$$

бу ерда  $\gamma = \frac{c_p}{c_V}$ .

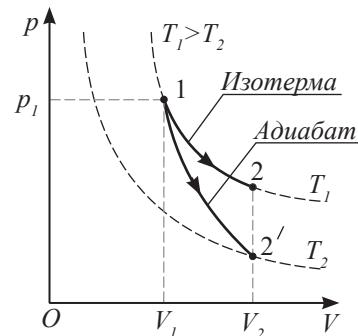
## VI «Абадий двигатель» ясаш мумкин эмаслиги

Кўпгина ихтирочилар «абадий двигатель» ясашга ҳаракат қилишибди. Барча ҳаракатларнинг самараасиз тугаши термодинамиканинг биринчи қонунининг бажарилишининг экспериментал исботи бўлди. Термодинамиканинг биринчи қонунидан  $A = Q - \Delta U$  экани чиқади, демак, исталган двигатель фақат ташқаридан олинган энергиянинг  $Q$  ёки  $Q = 0$  бўлганда ўзининг ички энергиясининг камайиши  $A = -\Delta U$  ҳисобига иш бажаради.

**Биринчи тур абадий двигатель – бу ташқаридан энергия олмай чексиз узоқ вақт давомида ишлай оладиган ҳаёлий машина .**

### Эсда сақланг!

Агар жараён атрофмұхит билан иссиқлик алмашиб ултурмайдиган қиска вақтда юз берса, у ҳолда уни адиабатик деб ҳисоблаш мумкин.



122-расм. Адиабатик жараёнда газнинг иши изотермик жараёнга қараганда кам бўлади



### Жавоби қандай?

Нега «абадий двигатель» ясаш мумкин эмас?

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Поршень остида жойлашган цилиндрдаги бир атомли идеал газни қиздирғанда у 600 Дж иш бажаради. Газга қанча иссиқлик мөлдөри берилған?

**Берилған:**

$$i = 3$$

$$A = 600 \text{ Дж}$$

$$Q - ?$$

**Ечиш:**

Термодинамиканинг I қонуну формуласини ёзайлик:  $Q = A + \Delta U$ . (1)

Бир атомли газнинг ички энергияси:  $\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} p\Delta V$ . (2)

Газ иши:

$$A = p\Delta V. \quad (3)$$

(1), (2) ва (3) тенгламаларни биргалиқда ечиб, қуйидаги формулани оламиз:

$$Q = \frac{3}{2} A + A = \frac{5}{2} A.$$

Ишнинг сон қийматини қўйиб, ҳисоблашларни бажарамиз:  $Q = \frac{5}{2} \cdot 600 \text{ Дж} = 1500 \text{ Дж}$ .

**Жавоби:**  $Q = 1500 \text{ Дж}$ .

### Назорат саволлари

1. Термодинамиканинг биринчи қонунини таърифланг.
2. Изожараёнлар учун термодинамиканинг биринчи қонунини таърифланг.
3. Қандай жараёнда газнинг иссиқлик сиғими кўпроқ бўлади?
4. Газнинг изохорик ва изобарик жараёнлардаги иссиқлик сиғимлари орасида қандай боғланиш бор? Бу боғланишини ким аниқлаган?
5. Моляр иссиқлик сиғими нима? У қандай ўлчов бирликларида ўлчанади?
6. Универсал газ доимийсининг физик маъноси қандай?
7. Адиабатик жараён қандай шароитда бажарилади?



### Машқ

23

1. 800 моль газни 500 Кга изобарик иситиш учун 9,4 МЖ иссиқлик берилди. Газнинг ишини ва ички энергия ўзгаришини аниқланг.
2. Ёпик идишда  $T = 300 \text{ K}$  ҳароратда 4 моль аргон жойлашган. Агар газга  $Q = 900 \text{ Ж}$  иссиқлик мөлдөри берилса, идишдаги босим неча фоиз ортади?
3. 1 кмоль гелий изобарик кенгайди. Газ ҳарорати  $\Delta T = 30 \text{ K}$ -га ортди. Газнинг ички энергиясининг ўзгаришини, унинг бажарган ишини ва газга берилган иссиқлик мөлдөрини аниқланг.
4. Газни  $T_1 = 280 \text{ K}$  ҳароратдан  $T^2 = 340 \text{ K}$  ҳароратгача изобарик иситишда  $Q = 5 \text{ кЖ}$  иссиқлик мөлдөри, изохорик иситишда  $Q = 3,56 \text{ кЖ}$  иссиқлик мөлдөри керак бўлади. Ҳарорати 288 K, босими  $p = 19,6 \text{ кПа}$  газ ҳажмини аниқланг.
5. Адиабатик кенгайишида газ  $A = 400 \text{ Ж}$  иш бажарди. Унинг ички энергияси қандай ва қанчага ўзгарди?

### Ижодий топшириқ

Олимлар ҳақида ахборот тайёрланг (танлов бўйича):

Р.Майер, Д.Джоуль, Г.Гельмгольц.

## 246. Қайтар ва қайтмас жараёнлар. Энтропия. Термодинамика нинг иккинчи қонуни. Айланма жараён ва унинг фойдали иш коэффициенти, Карно цикли

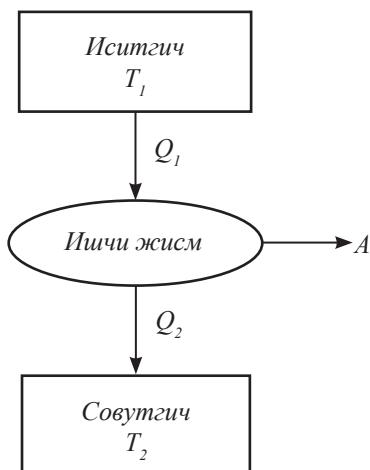
### Кутиладиган натижә:

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- идеал иссиқлик двигателели учун Карно циклини тавсифлай оласиз;
- масала ечишда иссиқлик двигателларининг фойдали иш коэффициентини ҳисоблаш формуласидан фойдалана оласиз.

### I Иссиқлик двигателларининг ишлаш принципи

Исталган иссиқлик двигатели уч қисмдан: иситгич, совуткич, кенгаювчи ва сиқилувчи ишчи жисмидан (123-расм) иборат. Одатда ишчи жисмнинг вазифасини идишда поршен остида жойлашган газ бажаради. Бу ерда техник масала – ишчи жисмига иситгич ва совуткичга навбатма-навбат уланиш имконини бериш. Иситгичда ишчи жисм кенгаяди ва иш бажаради. Совутгичда ишчи жисми сикилади, поршен бошланғич вазиятига қайтади ва цикл қайтадан бошланади: иситгичдан энергия олган ишчи жисм кенгаяди.



123-расм. Иссиклик машинасининг принципиал схемаси

### II Циклик жараён. Циклдаги газнинг иши

Икки изобара ва икки изохорадан иборат айланма жараённи қарайлик (124-расм).

Диаграммадан газ кенгайиб, сон қиймати жиҳатдан  $ABCD$  ABCD фигуранинг юзига тенг мусбат иш бажаришини  $A_1 > 0$  кўрамиз. Сиқилишда газ иши сон қиймати жиҳатдан  $AFKD$  фигуранинг юзига тенг манфий  $A_2 < 0$  иш бажаради. Демак, цикл ичида газнинг бажарган иши циклнинг барча ҳолатлари графиклари билан чегараланган  $BCKF$  фигуранинг юзига тенг:

$$A = A_1 - A_2. \quad (1)$$

**Айланма жараён ёки цикл – система бирқатор оралиқ ҳолатлардан ўтгандан сўнг бошланғич ҳолатига қайтиб келадиган жараён.**

### III Иссиқлик машиналари. Машинанинг фойдали иш коэффициенти

Агар айланма жараён тўғри цикл бўйича борса: 1 ҳолатдан 3 ҳолатга ўтиб, кейин соат стрелкаси йўналишида бошланғич 1 ҳолатига қайтиб келса, унда машинани *иссиқлик машинаси* деб аталади. Унда иситгичдан ишчи жисмга берилган энергия механик энергияга айланади, иш бажарилади.

#### 1-топшириқ

Кўшимча ахборот манбаларидан фойдаланиб, дизел ва ИҶД иш цикллари қандай термодинамик жараёнлардан иборатлиги ни аниқланг.

**Иссиқлик машинаси – бу газ ёки бүгнинг ички энергиясини механик энергияга айлантирувчи қурилма.**

Иссиқлик двигателидаги газ ишини аниқлайлик. Термодинамиканинг биринчи қонунини газнинг 1 ҳолатдан 3 ҳолатта ўтишдаги кенгайиш жараёни учун ёзайлик:

$$Q_1 = (U_3 - U_1) + A_1, \quad (2)$$

ва сиқилиш жараёни учун:

$$-Q_1 = (U_1 - U_3) - A_1. \quad (3)$$

(2) ва (3) тенгламаларни қўшиб, келаси формулани оламиз:

$$Q_1 - Q_2 = A_1 - A_2.$$

(1) муносабатни ҳисобга олсак:

$$Q_1 - Q_2 = A \quad (4)$$

бу ерда  $Q_1$  – иситгичдан газга олинган иссиқлик миқдори;  $Q_2$  – газдан совутгичга берилган иссиқлик миқдори.

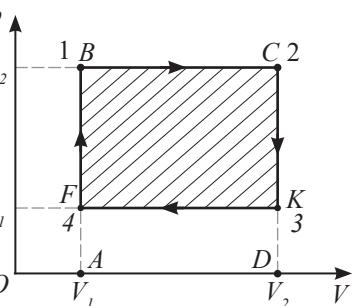
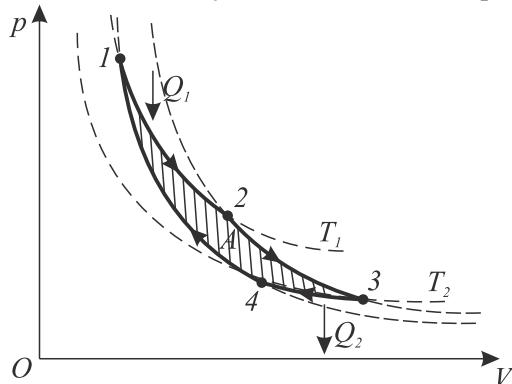
Иссиқлик двигательнинг ФИК газ ишининг иситгичдан олинган иссиқлик миқдорига нисбатига тенг:

$$\eta_T = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}. \quad (5)$$

#### IV Карно цикли. Идеал иссиқлик машинаси

Француз инженери Сади Карно 1924 йили иссиқлик двигателлари ишлашининг асосий қонуниятларини аниқлади ва ФИК қиймати энг катта бўлган циклни таклиф килди. Карно цкли бўйича ишловчи машинани *идеал машина* деб аталади. Карнонинг айланма жараёни икки изотермадан ва икки адиабатадан иборат (124-расм). 1→2 изотермик кенгайишда двигателнинг ишчи жисми ўзгараси  $T_1$  ҳароратли иситгичдан  $Q_1$  иссиқлик миқдорини олади. 3→4 изотермик сиқилишда ишчи жисм ўзгараси  $T_2$  ҳароратли совутгичга  $Q_2$  иссиқлик миқдорини беради.

2→3 адиабатик кенгайишда ишчи жисмга энергия берилмайди. Иш – ишчи жисмининг ички энергияси ҳисобига бажарилади, унинг ҳарорати камаяди. 4→1 адиабатик сиқилишда иш жисмининг ички энергияси ва ҳарорати ортади. Ўз ҳисоблашларида С.Карно идеал двигателнинг ФИК 1 ёки 100% бўлмайди деган холосага келди. ФИК нинг иситгич ва совутгичнинг ҳарорати билан аниқланувчи чекли қиймати бор:



124-расм. Икки изобара ва икки изохорадан иборат циклик жараённинг диаграммаси

125-расм. Идеал машинанинг циклик жараённини диаграммаси

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \text{ёки} \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (6).$$

Олинган (6) тенгламадан кўринишича, иссиқлик двигателларининг фойдали иш коэффициентини орттиришнинг икки йўли бор: иситгичнинг  $T_1$  ҳароратин орттириш ёки совутгичнинг  $T_2$  ҳароратини абсолют нолгача пасайтириш.

Реал иссиқлик двигателлари учун энг қулай совутгич атмосфера ҳавоси ёки сув ҳисобланади. Ёзда уларнинг ҳарорати тахминан 300 К бўлади. Иситгич ҳароратини орттириш двигател материалынинг эриш ҳарорати билан чекланади. Кўрсатилган ҳарорат чекловларини ҳисобга олиб, идеал иссиқлик машинасининг максимал ФИК-ни ҳисоблаш қўйин эмас, у тахминан 70% .

## V Термодинамиканинг иккинчи қонуни. Қайтар ва қайтмас жараёнлар

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad \text{формуласидан } \eta = 1 \text{ бўлганда } Q_2 = 0$$

экани чиқади. Бироқ бундай шартларда двигател циклни тақорорлай олмайди. Идеал машинада ҳам ишчи жисм совуб, бошланғич ҳолатига қайтиб келиши учун энергиясининг бир қисмини совутгичга бериши керак.  $Q_2 = 0$  бўлганда двигателлар ишида термодинамиканинг иккинчи қонуни бажарилмайди:

**Циклик ишловчи иссиқлик машинала-рида натижаси фақат иситгичдан олинган барча иссиқлик миқдорини тўлиқ механик ишга айлантирадиган жараён мумкин эмас.**

Термодинамиканинг иккинчи қонунининг бу таърифини Кельвин айтган. *Барча иссиқлик миқдорини ишга айлантирадиган ҳаёлий механизмни иккинчи тур абадий двигатель деб аталади.* Бундай механизм эса бўлиши мумкин эмас.

**Иссиқлик – ҳарорати юқори жисмлар-дан ҳарорати паст жисмларга ўз-ўзидан узатилади.**



### Эътибор беринг!

Исталган энергия тури: механик, химиявий, электр энергияси исталган бошқа энергия турига айланади. Ички энергиянинг эса фақат бир қисмигина энергиянинг исталган бошқа турига айланishi мумкин. Жисм молекулалари ўз энергиясини тўлиқ бериб, харакатини тўхтата олмайди.



### 2-топшириқ

Қайтар ва қайтмас термодинамик жараёнларга мисол келтиринг.



### Жавоби қандай?

1. Иккинчи тур абадий двигател ясаш нима учун мумкин эмас?
2. Бошқа энергия турларининг иссиқлик энергиясига айланши жараёнлари нега қайтмас бўлиб ҳисобланади?



### Бу қизиқ!

Барча иссиқ жисмлар энергияларини совуқ жисмларга беради.

Бутун оламда энтропия ортмоқда. Барча ҳароратлар тенглашганда ва энтропия максимумга етганда, оламда фақат молекулалар тартибсиз ҳаракатининг энергияси қолади. Барча жараёнлар тўхтайди. Оламнинг иссиқлик ўлими юзага келади. Бу масала XIX аср охиirlарида олимларни қаттиқ ўйлантирган.

Термодинамиканинг иккинчи қонуенининг физик маъноси қўйидаги: молекулаларнинг иссиқлик ҳаракатининг энергияси механик ва ядровий энергия, электр энергияси каби бошқа энергия турларига ўхшаб тўлигича бошқа энергия турларига айланадиги.

Энергиянинг ҳар хил турлари иссиқлик энергиясига айланадиган исталган физик жараён қайтмас жараён ҳисобланади. У тўлиқ тескари йўналишида бора олмайди. Термодинамик система бошлиғич ҳолатига қайтиб келиши учун энергетик сарфлар ва мос ҳолда, атроф-муҳитда ўзгариши бўлиши керак.

## VI Энтропия

Термодинамикадаги жараёнларнинг мумкин бўлган йўналишларини S энтропия орқали аниқлашга бўлади.

**Энтропия – энергиянинг қайтмас сочилишининг ўлчами бўлиб ҳисобланадиган физик катталиқ.**

Энтропиянинг ўзгариши системанинг берган ёки олган иссиқлик миқдоринининг жараён бора-диган ҳароратга нисбати билан аниқланади:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

бу ерда  $\Delta S$  – энтропиянинг ўзгариши;  $\Delta Q$  – иссиқлик миқдори;  $T$  – жараённинг кельвиндаги ҳарорати.  
Энтропиянинг ХБС да ўлчов бирлиги:  $1 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ .

Тадқиқотлар қайтар жараёнлар учун энтропия доимий бўлишини кўрсатди, энтропиянинг ўзгариши нолга teng. Қайтмас жараёнлар учун энтропиянинг ўзгариши нолдан катта, у ортади. Бу табиатда, реал қайтмас жараёнларда барча энергия турларининг ички энергияга айланishi кўпроқ бўлишини кўрсатади. Изоляцияланган термодинамик системалар абсолют турғун мувозанатга етиши учун энтропиянинг энг юқори қийматига интилади.

## VII VII Совутгич машиналар. Совутгич машинасининг фойдали иш коэффициенти

Тескари, яъни соат стрелкаси йўналишига қарама-қарши йўналишда берк цикл ясовчи қурилмани *совутгич машина* деб аталади. Совутгич машиналарда ташқи кучларнинг ишиг таъсирида ишчи жисм совутгичдан  $Q_2$  иссиқлик миқдорини олади ва ташқи кучлар бажарган иш катталигидан  $A'$  каттароқ  $Q_1$  иссиқлик миқдорини иситгичга беради:  $Q_1 = Q_2 + A'$ .

Совутгич машинанинг ФИК:

$$\eta_c = \frac{Q_2}{A'}$$

ёки

$$\eta_c = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2},$$

### Бу қизиқ!

Ер планетаси жонли ва жонсиз табиати билан бирга энг мураккаб экосистема ҳисобланади. Ер юзидағи ҳаётни таъминлаш учун энтропия қиймати паст бўлган энергия манбаи керак – у қўёш нурланиши. У биосферанинг ҳаёт жараёнини, турли фотосинтез ва биохимик, биофизик реакцияларни бирга олгандаги жараёнларни боришини таъминлайди.

бур ерда  $Q_2$  –совутгичдан олинган иссиқлик миқдори,  $Q_1$  – иситгичга берилган иссиқлик миқдори,  $A'$  – ташқи күчларнинг иши.

$$\text{Идеал совутгич машинанинг ФИК: } \eta_c = \frac{T_2}{T_1 - T_2}.$$

### Назорат саволлари

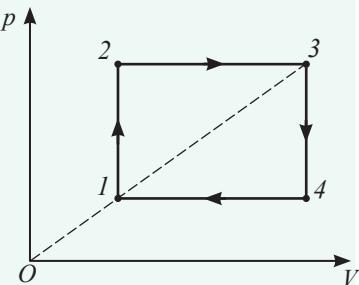
1. Қандай жараённи айланма жараён деб аталади?
2. Исталган иссиқлик машинасининг асосий қисмларини атанг.
3. Қандай машиналар тұғри цикл бүйича ишлайды? Қандай машиналар тескари цикл бүйича ишлайды?
4. Қандай жараён Карно цикли деб аталади?
5. Термодинамиканинг иккінчи қонунини таърифланг.
6. Энтропия қандай жараённинг үлчови бўлиб ҳисобланади?



### Машқ

24

1. Иссиқлик машинаси берк цикл бүйича ишлайды. Циклда олинган иссиқлик миқдори  $Q_1 = 0,1 \text{ МЖ}$ , совутгичга берилгани  $Q_2 = 80 \text{ кЖ}$ . Цикл учун фойдали ишни ва иссиқлик машинасининг ФИК-ни аниқланг.
2. Автомобилнинг ФИК  $\eta = 22\%$ . Агар автомобиль куввати  $N = 22,5 \text{ кВт}$  бўлса, унда автомобиль двигателининг ёниш камерасида ҳар секундда қанча иссиқлик миқдори ажралади?
3. Агар циклдаги энг паст ва энг юқори ҳароратлар фарки 3 марта бўлса, (126-расм), циклнинг ФИК-ни аниқланг. Ишчи жисм – бир атомли идеал газ.
4. Агар иситгич ва совутгичнинг ҳароратлари мос ҳолда  $t_1 = 200^\circ\text{C}$  ва  $t_1 = 17^\circ\text{C}$  бўлса, иссиқлик машинасининг ФИК қандай? Циклнинг ФИК  $n = 2$  марта орттириш учун иситгич ҳароратини қанча марта орттириш керак?
5. Идеал иссиқлик машинаси бир циклда  $A = 73,5 \text{ кЖ}$  иш бажаради. Иситгичнинг ҳарорати  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ , совутгичнинг ҳарорати  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ . Циклнинг ФИК-ни ва бир циклда совутгичга берилган иссиқлик миқдорини аниқланг.



126-расм. З-масалага

### Ижодий топширик

Ахборот тайёрланг (тандов бўйича):

1. «Ернинг ва оламнинг энтропияси».
2. «Иссиқлик двигателлари ва атроф-муҳитни ҳимоя қилиш».

## 8-бобнинг хулосаси

Ички энергия, ички энергиянинг ўзгариши	Газнинг иши	Иссиқлик миқдори
$U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} RT$ $U = \frac{i}{2} \cdot pV$ $i = 3$ бир атомли газ учун $i = 5$ икки атомли газ учун $i = 6$ кўп атомли газ учун $\Delta U = \frac{i}{2} vR\Delta T$	$A_p = p\Delta V$ $A = \frac{m}{M} R\Delta T$ Ташки кучларнинг иши ва газ ишининг боғлиқлиги $A' = -A$	Исиғанда (совиганда) $Q = cm(t_2 - t_1)$ $Q = C_d(t_2 - t_1)$ Эришда (қотишда) $Q = \lambda m$ Қайнашда (конденсацияда) $Q = r \cdot m$ Ёқилғи ёнганда $Q = qm$
Термодинамиканинг I қонуни	Машиналарнинг ФИК	Иссиқлик сифими, иссиқлик сифимла- рининг боғланиши
$\Delta U = A' + Q$ $Q = A + \Delta U$ Изохорик жараён учун $Q_v = \Delta U$ Изобарик жараён учун $Q_p = A + \Delta U$ Изотермик жараён учун $Q_t = A$ Адиабатик жараён учун $Q = 0$ $\Delta U = A'$ $A = -\Delta U$	Иссиқлик машинаси $\eta_T = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$ Идеал иссиқлик машинаси $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}; \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ Советгич машина $\eta_c = \frac{Q_2}{A'}; \quad \eta_c = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$ Идеал советгич машинаси $\eta_c = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$	Жисмнинг иссиқлик сифими $C_d = cm$ Газларнинг солишишима иссиқлик сифими $c_v = \frac{i}{2} \cdot \frac{R}{M}$ $c_p = \frac{R}{M} \left( \frac{i}{2} + 1 \right)$ $c_p = c_v + \frac{R}{M}$ Газларнинг моляр иссиқлик сифими $C_{MV} = \frac{i}{2} R$ $C_{Mp} = R \left( \frac{i}{2} + 1 \right)$ $C_{Mp} = C_{MV} + R$

Иссиқлиқдан изоляцияланган системалар учун иссиқлик баланси тенгламаси

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$$

### Термодинамика қонунлари

**Термодинамиканинг биринчи қонуни:** бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтганда жисм ички энергиясининг  $\Delta U$  ўзгариши жисм устида ташки кучлар бажарган  $A'$  иш ва жисмга берилган  $Q$  иссиқлик миқдорининг йигиндисига тенг.

## **Термодинамика нинг иккинчи қонуни:**

**Кельвин таърифи:** «Циклик ишловчи иссиқлик машиналарида натижаси фақат иситгичдан олинган барча иссиқлик миқдорини түлиқ механик ишга айлантирадиган жараён мумкин эмас».

**Клаузус таърифи:** «Иссиқлик – ҳарорати юқори жисмлардан ҳарорати паст жисмларга ўз-ўзидан узатилади».

## **Глоссарий**

**Адиабатик жараён** – термодинамик системада атрофдаги жисмлар билан иссиқлик алмашиниш бўлмаган ҳолда бажариладиган жараён.

**Биринчи тур абадий двигатель** – бу ташқаридан энергия олмай чексиз узоқ вақт ишлай оладиган ҳаёлий машина.

**Иккинчи тур абадий двигатель** – барча иссиқлик миқдорини ишга айлантирадиган ҳаёлий машина.

**Жисмнинг ички энергияси** – жисмни ташкил қилган заррачалар ўзаро таъсирининг потенциал энергияси ва уларнинг иссиқлик ҳаракатининг ўртача кинетик энергиясининг йиғиндиси.

**Иссиқлик миқдори** – иссиқлик узатилишда ички энергия ўзгаришининг миқдорий ўлчови.

**Конвекция** – иссиқлик миқдорининг газ ёки суюқликнинг совуқ ва иссиқ қатламларининг араласиши орқали узатилиш жараёни. Конвекциянинг табиий ва мажбурий турлари бор.

**Айланма жараён ёки цикл** – система бир қатор оралиқ ҳолатлардан ўтиб, бошланғич ҳолатига қайтиб келадиган жараён.

**Моляр иссиқлик сифими** – бу модданинг бир молининг иссиқлик сифими.

**Иссиқлик ўтказувчанлик** – бу энергиянинг жисмнинг кўпроқ қиздирилган қисмидан оз қиздирилган қисмiga жисм заррачаларининг кўчишиз узатилиши ёки кўпроқ қиздирилган жисмдан оз қиздирилган жисмга улар бир-бирига тегиб турганда узатилиши жараёни.

**Жисмнинг иссиқлик сифими** – массаси т жисмнинг ҳарорати 1 Кга ўзгарганда унинг оладиган ёки берадиган иссиқлик миқдори.

**Иссиқлик машинаси** – бу газнинг ёки буғнинг ички энергиясини механик энергияга айлантирувчи қурилма.

**Термодинамика** – механик ва ички энергиянинг ўзаро айланышлари, ички энергиянинг бир жисмдан бошқа жисмга узатилиши билан боғлиқ ҳодисаларни ўрганадиган физика бўлими.

**Модданинг солиширма иссиқлик сифими** – 1 кг модданинг ҳарорати 1 Кга ўзгарганда унинг оладиган ёки берадиган иссиқлик миқдори.

**Солиширма эриш иссиқлиги** – эриш ҳароратидаги 1 кг моддани суюқликка айлантириш учун керакли иссиқлик миқдори.

**Солиширма буғланиш иссиқлиги** – қайнаш ҳароратидаги 1 кг суюқликни буғга айлантириш учун керакли иссиқлик миқдори.

**Солиширма ёниш иссиқлиги** – 1 кг ёқилғи түлиқ ёнгандан ажralадиган иссиқлик миқдори.

**Универсал газ доимийси** – ўзгармас босимда 1 моль газ ҳароратини 1 Кга орттириш учун унинг қандай иш бажариш лозимлигини кўрсатадиган катталик.

9-БОБ

## СҮЮҚЛИК ВА ҚАТТИҚ ЖИСМЛАР

Сүюқлик ва қаттиқ жисмларнинг хоссалари модданинг ички тузилишига, зарралар орасидаги масофа ва уларнинг жойлашиш тартибига боғлиқ.

Сүюқлик молекулаларининг қаттиқ жисм молекулалари билан ўзаро таъсирининг ўзига хослиги туфайли биз капилляр ҳодисаларни, қаттиқ жисмларга суюқликнинг юқишини кузатамиз. Тузилишидаги фарқлар қаттиқ жисмларнинг эластиклик, эгилувчанлик, мұртлик, мустаҳкамлик, қаттиқлик, оқувчанлик каби хусусиятларини тушунтиришга имкон беради.

Сүюқлик ва қаттиқ жисмларнинг сиртидан буғланиши натижасида хоссалари ташқи ҳолатларга боғлиқ бўлган буғлар ҳосил бўлади.

Бу бобда биз суюқликларнинг, қаттиқ жисмларнинг ва уларнинг буғларининг баъзи хоссаларини қараймиз.

### **Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:**

- гигрометр ва психрометр ёрдамида ҳавонинг нисбий намлигини аниқлашни;
- сирт таранглик коэффициентини турли усусларда аниқлашни;
- турли қаттиқ жисмларнинг мисолида кристалл ва аморф жисмларнинг тузилишини ажратишни;
- эластик деформацияда Юнг модулини аниқлашни ўрганасиз.

## 25§. Тўйинган ва тўйинмаган буғлар, ҳавонинг намлиги. Фазавий диаграммалар, учланма нуқта, модданинг критик ҳолати

### Кутиладиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштиргандо:

- гигрометр ва психрометр ёрдамида ҳавонинг нисбий намлигини аниқлай оласиз.



### Эсга туширинг!

Модданинг суюқ ҳолатдан газсимон ҳолатга ўтиш жараёни буғ ҳосил бўлиши дейилади. Конденсация – бүгнинг суюқликка айланиш жараёни.



### Жавоби қандай?

1. Буғ ҳосил бўлишининг қандай икки усули бор? Уларга таъриф беринг.
2. Бугланиш тезлиги қандай факторларга боғлиқ?
3. Суюқлик қандай ҳолатда қайнайди?

### I Тўйинган ва тўйинмаган буғлар

Агар буғланиш жараёни ҳарорат ўзгармаган ҳолда ёпик идишда ўтса, унда бироз вақтдан сўнг суюқлик буги концентрациясининг ортиши тўхтайди. Буғланиш ва конденсация жараёнлари орасида динамик мувозанат юзага келади.

**Динамик мувозанат – термодинамик системанинг ҳолати, бу вақтда бирдай вақт оралиғида суюқликдан учеб чикувчи молекулалар сони унга қайтиб тушувчи молекулалар сонига тенг бўлади. Ўзининг суюқлиги билан динамик мувозанатда бўлган буғ – тўйинган буғ дейилади.**

Тўйинган буғ босими молекулаларнинг ҳарорати ва концентрациясига боғлиқ:

$$p = nkT \quad (1)$$

$T = \text{const}$  бўлганда (1) тенгламадан бүгнинг босими фақат молекулалар концентрациясига боғликлиги келиб чиқади.

Ҳарорат ўзгарганда босим икки параметр билан: молекулаларнинг ҳарорати ва концентрацияси билан аниқланади.

**Ўзининг суюқлиги билан динамик мувозанатда бўлмайдиган буғ – тўйинмаган буғ дейилади.**

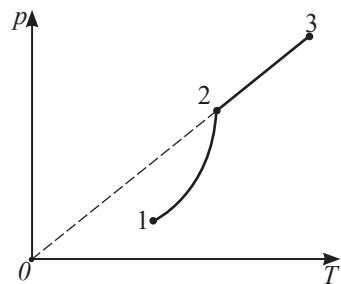
Агар суюқлик сиртидаги буғ тўйинмаган бўлса, унда буғланиш конденсациядан устун бўлади.

### II Тўйинган буғлар учун $p$ , $V$ , Термодинамик параметрларнинг боғланиши

Тўйинган буғ сиқилганда молекулалар концентрацияси ортади, буғланиш ва конденсация жараёнлари орасидаги мувозанат бузилади: бүгнинг бир қисми суюқликка айланади. Тўйинган буғ босими унинг ҳароратига мос қийматни қабуллайди. Суюқлик сиртидаги буғ ҳажми ортганда молекула концентрацияси камаяди. Натижада берилган ҳароратда босим тўйинган буғ босимига тенглашгунча буғланиш конденсациядан устун бўлади.

*Шундай қилиб, тўйинган буғ босими унинг ҳажмига боғлиқ эмас. Турли ҳарорат қийматларида тўйинган буғ босимининг қиймати иловадаги 7-жадвалда берилган.*

Тажрибалар доимий ҳажмда суюқлик сиртидаги түйинган бүг босимининг ҳароратга боғлиқлиги чизиқли эмаслигини кўрсатади. Боғлиқлик графиги идишда суюқлик тугагунча квадрат функция кўринишида бўлади. 127-расмда тасвиранган графикда 1→2 ўтиш түйинган бүг босимининг ҳарорат ва концентрацияга боғлиқлиги мос келади. Бүг 2 ҳолатдан 3 ҳолатга ўтганда (127-расм) концентрация доимий катталик бўлиб қолади, сабаби суюқлик тўлиқ буғга айланади, босимнинг ҳароратга боғлиқлиги чизиқли бўлади.



**127-расм.** Түйинган бүг босимининг ҳарорат ва концентрацияга (1→2) боғлиқлик графикиги.

### 1-топширик

- Менделеев-Клапейрон ҳолат тенгламаси асосида бүг босими ва абсолют намлик орасида тўгри боғланиш борлигини исботланг.
- 20°C ҳароратда сув буғи босимининг абсолют намлика боғлиқлик графикини ясанг.
- Шудринг нуқтасига тенг ҳароратда атмосферадаги сув буғининг конденсацияланишига мисол келтиринг.

### III Ҳавонинг абсолют намлиги.

#### Шудринг нуқтаси

Бизни атрофимиздаги ҳавода доим сув буғлари бор.

$1 \text{ m}^3$  ҳаводаги сув буғининг миқдорини ҳавонинг абсолют намлиги деб аталади.

Ҳажми  $V$  ҳавода массаси  $m$  бүг бор бўлса, унда ҳавонинг бирлик ҳажмидаги сув буғи қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

бўлади, бу ерда  $\rho$  – абсолют намлик.

Одатда ҳаво таркибидаги сув буғлари тўйинмаган буғлар бўлади.

**Атмосфера ҳавосидаги сув буғи тўйинган бүгга айланадиган ҳароратни шудринг нуқтаси дейилади.**

### IV Нисбий намлик

Сунинг буғланиш жадаллиги нисбий намлик билан характерланувчи сув буғларининг тўйиниш даражасига боғлик.

### Жавоби қандай?

- Тўйинган буғларнинг босими боғлиқ бўлган параметрларни атанг.
- 127-расмдаги 2→3 ўтиш учун нега Шарль қонуни қўлланилади?
- Нега тўйинган бүг учун газ қонунларини қўллаш мумкин эмас?

### Эсада сақланг!

Номаълум бүг параметрларини аниқлаганда, тўйинган бүг учун Менделеев-Клапейрон тенгламасидан фойдаланишга бўлади.

### Эсада сақланг!

ХБС бўйича абсолют намликині ўлчов бирлиги:

$$[\rho] - 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Энг кўп қўлланиладиган ўлчов бирлиги:  $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

**Ҳавонинг нисбий намлиги – берилган ҳароратда ҳавонинг абсолют намлигининг  $1 \text{ м}^3$  ҳавони тўйинтиришга керакли буғ микдорига фоизларда олинган нисбатига тенг:**

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_k} \cdot 100\%, \quad (3)$$

бу ерда  $\varphi$  – нисбий намлик,  $\rho$  – буғнинг абсолют намлиги,  $\rho_k$  – берилган ҳароратдаги тўйинган буғнинг абсолют намлиги.

Биз абсолют намликларнинг нисбати босимлар нисбатига тенг эканлигини исботладик, демак:

**Берилган ҳароратда ҳаво таркибида-ги сув буғи босимининг шу ҳароратдаги тўйинган сув буғи босимиға фоиз билан ифодаланган нисбатини ҳавонинг нисбий намлиги деб аталади.**

$$\varphi = \frac{p}{p_k} \cdot 100\%, \quad (4)$$

бу ерда  $p$  – сув буғининг босими,  $p_k$  – шу ҳароратдаги тўйинган буғ босими.

#### V Конденсацион гигрометр. Шудринг нуқтаси орқали ҳавонинг намлигини аниқлаш

Ҳавонинг намлигини аниқлашга мўлжалланган асбобларни гигрометрлар (грекча «гигрос» – нам) деб аталади.

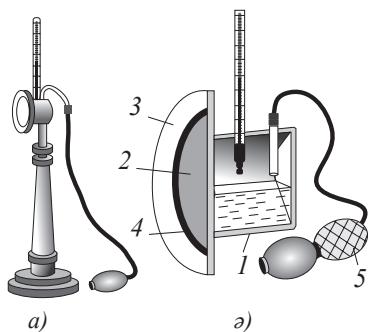
Конденсацион гигрометр шудринг нуқтасини аниқлаш учун қўлланилади. У – штативга қотирилган металл камера (128 а) расм) кўринишида бўлади. Камерада икки тешик бўлади: бири термометр учун, иккинчиси ҳаво пуфлаш учун (128 б) расм). Камеранинг олдинги девори (2) ва ҳалқасимон ўрами (3) силлиқланган. Ўрам ва камера бир-биридан иссиқлик изоляцияловчи материал билан (4) ажратилган. Камерани (1) яримигача эфир ёки спирт билан тўлдириб, суюқлик сиртига резина нок (5) ёрдамида ҳаво пуфланади. Суюқлик буғланиб совийди, камера деворларида буғ конденсацияланади. Камеранинг силлиқ сирти ўрам ҳалқаси сиртига қараганда хира кўринишга келади – шудринг ҳосил бўлади. Шудринг пайдо бўлган пайтдаги термометр кўрсатиши – шудринг нуқтаси киймати бўлади.



#### Эсда сақланг!

- Метеорологияда абсолют намлик деб, ҳавонинг таркибидағи сув буғининг *м.м.с.им. уст.* оркали ифодаланган босимиға айтилади.
- Сув буғининг моляр массаси:

$$M = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{молъ}}.$$



128-расм. Конденсацион гигрометр



#### 2-топшириқ

- Конденсацион гигрометр мен психрометрни қўллаб нисбий намлики аниқлаш алгоритмини тузинг.
- Физика кабинетидаги ҳавонинг намлигини аниқланг.

Шудринг нүктаси орқали бинодаги ҳаво намлиги аниқланади. Бунинг учун тўйинган буг зичликлари жадвалидан шудринг нүктасига мос келувчи  $\rho$  абсолют намлик қиймати топилади. Шу жадвалдаги атроф-мухит ҳарорати қиймати бўйича, тўйинган буг зичлиги  $\rho_t$  ни аниқлаб, (3) формула бўйича нисбий намлик аниқланади.

## VI Психрометр

Психрометр ҳавонинг нисбий намлигини аниқлаш учун қўлланилади. У корпусга маҳкамланган бирдай икки термометрдан иборат (129-расм). Термометрларнинг бирининг резервуари дока билан ўралган ва дока суви бор идишга ботирилган. Нисбий намликни аниқлаш учун психрометрдан ҳаво ҳарорати ҳамда куруқ ва ҳўл термометрлар кўрсатишлари орасидаги ҳароратлар фарқи аниқланади.

Психрометрик жадвалдан (*илювадаги 9-жадвал*) ҳавонинг нисбий намлиги аниқланади.

## VII Сублимация. Десублимация.

### Учланма нуқта

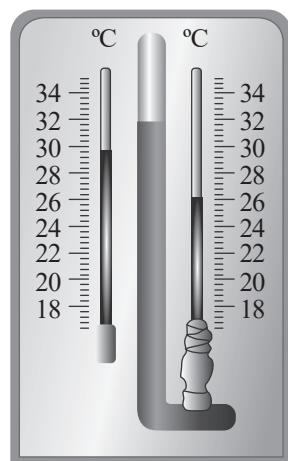
Модданинг қаттиқ ҳолатдан суюқликка айланмай, бирдан газ ҳолатга ўтишини сублимация деб аталади.

Сублимация энергияни ютиш орқали боради. Унга тескари жараён десублимация дейилади.

**Учланма нуқта – модданинг қаттиқ, суюқ ва газсимон уч агрегат ҳолати биргаликда мувозанатда бўладиган ҳарорат ва босимнинг қиймати.**

### Жавоби қандай?

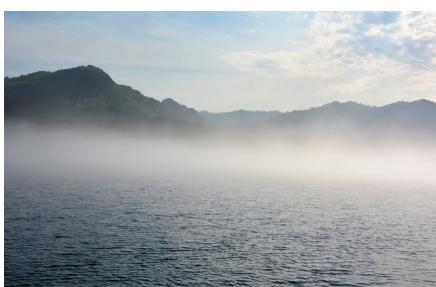
Агар ҳавонинг намлиги ортса, психрометр кўрсатиши қандай ўзгаради?



129-расм. Психрометр

### Жавоби қандай?

1. 128, 129-расмларда қандай ҳодисалар тасвирланган?
2. Нега қишида ташқарига осилган кийимларда буғланиши бўлади?



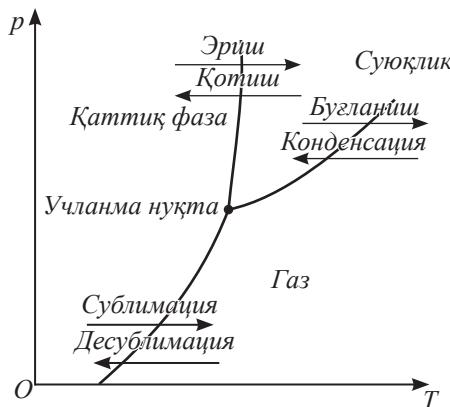
130-расм. Бурабай кўли



131-расм. Шортандидаги қишики ўрмон

Учланма нүкта – кимёвий модданинг характеристикаларидан бири. Фазавий диаграммада бу нүктада эриш, қайнаш ва сублимация фазавий ўтишларининг чизиқлари кесишади (132-расм).

Сув учун учланма нүктадаги ҳарорат 273,16 К, босим 611,657 Па.



132-расм. Фазавий ўтиши диаграммаси



### Эсга туширинг!

Суюқликнинг бутун ҳажмида юз берадиган бүгланиш жараёни қайнаш деб аталади.



### Жавоби қандай?

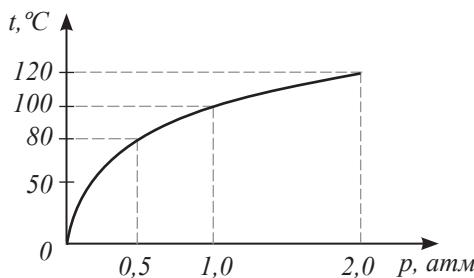
- Нега қайнашдан олдин шигиллаш эшилтілдай?
- Суюқлик эркін сиртидаги босим ортгандада нега қайнаш ҳарорати ортади?
- Сув қайнаб турған идишининг ичіда сузіб юрган иккінчи идишдегі сув нега қайнамайды?

## VIII Қайнаш. Қайнаш ҳароратининг ташқи босимга боғлиқлигі

Агар пұфакчалар ичидеги түйинган бүг босими ташқи босимга тенглашса ёки ундан ортиқ бўлса, суюқлик ичидеги пұфакчалар катталашади ва юзага қалқиб чиқади. Нормал атмосфера босимида сув бүглари 100°C ҳароратда түйинади.

Пұфакчалар ичидеги түйинган бүг босими суюқликнинг эркін сиртидеги ташқи босимга тенг ва суюқликнинг барча қатламлари ҳарорати бирдай бўлганда суюқлик қайнайди.

Агар суюқлик сиртидеги газнинг босимини камайтирсак, суюқлик паст ҳароратларда ҳам қайнайди. Газ босимининг ортиши эса, аксинча, суюқликнинг юқориго ҳароратларда қайнашыга олиб келади (133-расм).



133-расм. Суюқликнинг қайнаш ҳароратининг ташқи босимга боғлиқлик графиги

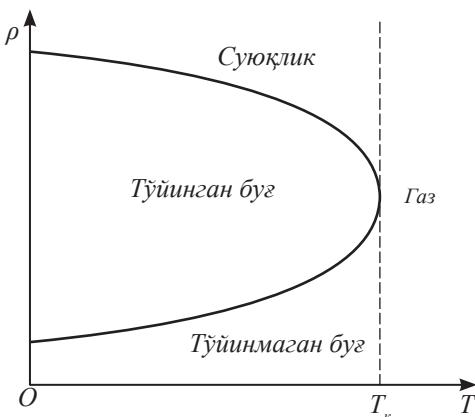


### 3-топшириқ

Суюқликнинг паст ва юқори ҳароратларда қайнашыга мисаллар келтиринг.

## IX Модданинг критик ҳолати

Ёпик идишда суюқликни киздирганда, суюқликнинг зичлиги камаяди, тўйинган буғнинг зичлиги ортади (134-расм). Бир пайтга келиб суюқлик ва буғ зичлиги тенглашади ва икки ҳолатни ажратувчи чегара йўқолади. Модда критик ҳолатда бўлади. Бу ҳолда суюқликнинг солиштирма буғланиш иссиқлиги  $r = 0$  бўлган қийматни қабуллайди.



134-расм. Критик ҳароратдан юқори ҳароратда фазавий ўтишилар мумкин эмас

Суюқлик ва унинг тўйинган буғининг зичликлари орасидаги фарқ йўқоладиган ҳарорат шу модданинг критик ҳарорати деб аталади.

Критик ҳароратдан юқори ҳароратларда модда фақат газсимон ҳолатда бўлади, уни оддий сикиш орқали суюқликка айлантириш мумкин эмас. Агар модда ҳарорати критик ҳароратдан паст бўлса, уни сикиш орқали суюқ ҳолатга ўтказиш мумкин.

Модда	Критик ҳарорат, $t, ^\circ\text{C}$
Сув	374
Эфир	197
Хлор	146
Кислород	-118
Азот	-146
Водород	-240
Гелий	-263



### Жавоби қандай?

- Нега Ерда кислородли ва азотли кўллар йўқ?
- Суюқ азотни қандай олиш мумкин?



### Эсда сақланг!

Модданинг критик ҳароратдан паст ҳароратдаги газсимон ҳолати буғ деб аталади.

## Назорат саволлари

- Қандай буғ «тўйинган буғ» деб аталади?
- Суюқликнинг қайнаш ҳарорати ташқи босимга қандай боғлиқ?
- Қандай ҳароратни критик ҳарорат деб аталади?
- Газ ва буғ тушунчаларининг фарқи нимада?
- Ҳавонинг абсолют намлиги деб нимага айтилади? Уни қандай ўлчов бирликларида ўлчайди?
- Қандай ҳароратни шудринг нуқтаси деб аталади?
- Нисбий намлик нима?
- Ҳавонинг намлигини қайси асбобларда ва қандай ўлчайди?



1.  $50^{\circ}\text{C}$  ҳароратда сувнинг тўйинган буғининг зичлигини аниқланг.
2. Бошлангич ҳарорати  $20^{\circ}\text{C}$  тўйинган сув буғини суюқликдан ажратиб олиб, ўзгармас ҳажмда  $30^{\circ}\text{C}$  гача иситилди. Буг босимини аниқланг. Бундай буғ қандай аталади?
3. Сув буғининг босими 8 кПа бўлса,  $50^{\circ}\text{C}$  ҳароратда ҳавонинг абсолют намлигини аниқланг.
4. 300 К ҳароратда ҳавонинг абсолют намлиги  $12,9 \text{ г}/\text{м}^3$ . Ҳавонинг нисбий намлигини аниқланг?
5. Идиш тўсиқ билан иккига бўлинган, биринчи қисм ҳажми иккинчисига қараганда  $n = 3$  марта катта. Биринчи қисмда нисбий намлиги  $\varphi_1 = 20\%$  бўлган ҳаво бор, иккинчисида нисбий намлиги  $\varphi_1 = 80\%$  бўлган ҳаво бор. Агар ҳароратни ўзgartирмай, тўсиқларни олиб ташласак, идишдаги ҳавонинг нисбий намлигини қандай болады?

### Экспериментал топшириқ

Иккита хона термометрларидан фойдаланиб, квартира хоналаридағи ҳавонинг намлигини аниқланг. Натижаларни солиштиринг.

### Ижодий топшириқ

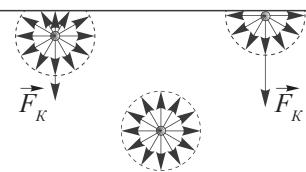
«Замонавий гигрометрлар» мавзусида маъruzza тайёрланг.

## 26§. Суюқлик сирт қатламининг хоссалари. Хўллаш, капилляр ҳодисалар

### Кутиладиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- Суюқликнинг сирт тарапанглик коэффициентини турли усулларда аниқлай оласиз.



135-расм. Молекуляр босим кучи – натижавий куч

### Бу қизиқ!

Суюқлик ҳажмини камайтириш учун молекуляр босимга яқин ташки босим ҳосил қилиш керак. Сув учун бу босим **2400 аттм.**ни ташкил қиласди. Бундай босимни техник жиҳатдан олиш мумкин эмас, Суюқликлар ер шароитида сикilmайди. Тинч океанининг максимал чукурлигига гидростатик босим **1100 аттм.** атрофида бўлади. Сув ости кемалари тушадиган чегара чукурлик 600 метрдан ошмайди.



### Жавоби қандай?

- Нега суюқликлар сикilmайди?
- Агар одам сувдан сиртга чиқса, хўл сочлар бир-бираига ёпишади, сув остида эса бир-бираидан осон ажралади?
- Нега нам кўмдан ясалган шар сувга туширилганда сочилиб кетади?

### I Сирт қатламнинг хоссалари. Молекуляр босим кучлари

Суюқликнинг ҳар бир молекуласи бошқа молекулалар билан радиуси 1 нм бўлган молекуляр ўзаро таъсир сфераси чегарасида ўзаро таъсирилашади. Суюқлик тубидаги молекулаларга таъсир этувчи кучларнинг геометрик йигиндиси нолга teng (135-расм). Суюқликнинг сиртида жойлашган молекулаларнинг молекуляр ўзаро таъсир сфераси ўзаро таъсир кучини эътиборга олмаса бўладиган ҳаво молекулалари билан ярим тўлдирилган. Суюқлик сирт қатламидаги молекулалар ўзаро таъсир кучларнинг teng таъсир этувчисини молекуляр босим кучлари деб аталади.

**Молекуляр босим кучи – суюқлик сирт қатламидаги молекулаларга таъсир этувчи, унинг эркин сиртига перпендикуляр йўналган натижавий куч.**

Сирт қатламнинг босим кучи фақат суюқлик молекулаларигагина таъсир этади.

### II Сирт тарапанглик кучи

Суюқликнинг эркин сиртига параллел бўлган молекуляр ўзаро таъсир кучларининг ташкил этивчилари сирт қатламнинг молекулаларини яқинлашишга ҳаракат қиласди. Бу кучларнинг таъсирида сирт қатлам таранглашган ҳолатда бўлади. Суюқлик ва қаттиқ жисм чегарасида қаттиқ жисмга сирт тарапанглик кучлари унинг сиртига перпендикуляр таъсир этади (136-расм). Сирт тарапанглик кучининг таъсирини оддий тажрибаларда кузатиш мумкин. Совун эритмасига томонларига бўш қилиб ип боғланган темир сим ҳалқани ботирамиз. Ҳалқа ичидаги совунли парда ҳосил бўлади, унда ип эркин жойлашади (136 а) расм).

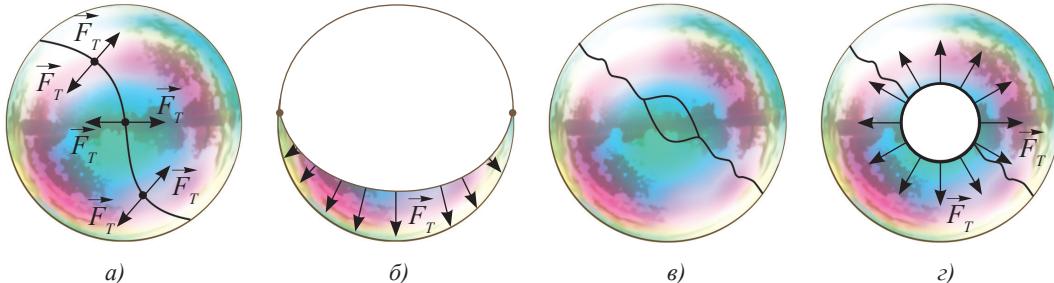
Ипнинг икки томонидан таъсир этувчи сирт тарапанглик кучлари бир-бираини тўлиқтиради. Ипнинг бир томонидан пардан тешамиз. Сирт тарапанглик кучи таъсирида қолган парда қисқариб, ипни тортади ва унга айланади ёки шаклини беради. (136 б) расм). Энди ипдан ҳалқа ясад ва уни темир ҳалқага боғлаб, тажрибани такрорлаймиз (136 в) расм).

Ип ҳалқаси ичидаги парданы тешамиз, натижада сирт таранглик кучининг таъсирида совун пардаси қисқариб, ипга ҳалқа шаклини бериб чўзади (134 г) расм).



### Ўз тажрибанг

Сим ҳалқа билан тажриба ўтказинг (136-расм).



136-расм. Сирт таранглик кучининг таъсирини кузатиш

**Сирт таранглик кучлари – суюқликнинг эркин сирти юзасини камайтиришга ҳарарат қиладиган ва шу сиртга урунма бўйлаб йўналган, суюқликнинг сирт қатламидаги молекулаларнинг ўзаро тортишиш кучларидир.**

### III Сирт таранглик коэффициенти. Сирт таранглик коэффициентини томчини узилиш методи бўйича аниқлаш

Сирт таранглик ҳодисасини миқдорий тавсифлаш учун сирт таранглик коэффициенти киритилган.

**Сирт таранглик коэффициенти – бу сирт таранглик кучининг суюқлик сирт қатлами узунлигига нисбати.**

Сирт таранглик коэффициентини  $\sigma$  (сигма) харфи билан белгиланади. Таърифга кўра:

$$\sigma = \frac{F_T}{l}, \quad (1)$$

бу ерда  $l$  – сирт қатламнинг узунлиги,  $F_T$  – таранглик кучи.

Диаметри кичкина найдан узилиб тушадиган суюқлик томчиси учун сирт қатлам чегараси радиуси найнинг ички радиусига teng айлананинг узунлиги бўлади (137 а) расм):

$$l = 2\pi r = \pi d. \quad (2)$$

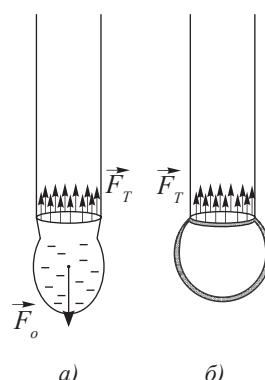
Томчи оғирлиги таранглик кучига teng бўлган пайтда томчи узилади:

$$P = F_T. \quad (3)$$



### Жавоби қандай?

Ўтиказилган тажрибада иккى муҳит чегараси нега айланана ёйи ёки айланана бўлади? Бу қандай шартларда мумкин бўлади?



137-расм. Сирт қатламнинг чегараси найнинг ички айланасининг узунлиги бўлади

$$(1), (2), (3) \text{ формулалардан } \sigma = \frac{mg}{\pi d} \quad (4)$$

екани келиб чиқади.

Найдан совун пулакчаларини пуллаганда икки сирт пардаси ҳосил бўлади (*137 б. расм*), шунда ташқи куч сирт қатламнинг икки чегарасида пайдо бўлган сирт таранглик кучига тенг бўлганда совун пулакчалари найдан узилади:

$$F_{\text{ташки}} = 2F_T \quad (5)$$

*Сирт таранглик коэффициенти суюқликнинг турига, ҳароратига ва таркибида аралашмалар бор-йўқлигига боғлиқ. Ҳароратни ортганда ва аралашмалар бўлганда сирт таранглик коэффициенти камаяди.*

#### IV Суюқликнинг сирт қатламининг энергияси

Молекулаларнинг ички қуий қатламлардан сиртки қатламга кўчиши молекуляр босим кучини енгиш учун бажариладиган иш билан боғлиқ. Иш бажарилганда молекулаларнинг кинетик энергияси сирт қатлам молекулаларининг потенциал энергияси га айланади. Сирт қатлам энергияси ҳисобига унинг юзи камайганда иш бажарилади.

Силжийдиган тўсиги бор эгилган симни совун эритмасига ботирайлик. Икки сиртли совун пардаси ҳосил бўлади. Сирт таранглик кучи таъсирида парда қисқаради, парданинг потенциал энергияси камаяди, силжийдиган тўсикнинг кўчишида иш бажарилади (*138-расм*). Сирт таранглик кучининг иши:

$$A = 2F_T h \quad (6),$$

бу ерда  $F_T = \sigma L$ .  $\quad (7)$

(7) тенгламани (6) тенгламага кўямиз, шунда  $A = 2\sigma L h$  оламиз (8), бу ерда  $\Delta S = Lh$  – бир қатламнинг юзининг ўзгариши.

Икки сиртли юзнинг ўзгаришини  $\Delta S = 2\Delta S_1$  деб белгилайлик. Шунга кўра (8) формула, ушбу кўришига келади:

$$A = \sigma \Delta S \quad (9)$$

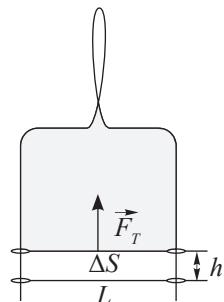
бундан:  $\sigma = \frac{A}{\Delta S}$ .  $\quad (10)$

**Сирт таранглик коэффициенти – суюқликнинг эркин сирти бирлик юзага камайганда молекуляр кучларнинг ишига тенг катталиқ.**

#### Эсада сақланг!

Сирт таранглик коэффициентининг ўлчов бирлиги:

$$[\sigma] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$



*138-расм. Сирт таранглик кучининг таъсиридан парда юзининг қисқарииши*



#### Ўз тажрибанг

138-расмда тасвирланган тажрибани ўтказинг. Тажриба сифатига эритманинг ҳарорати ва концентрацияси қандай таъсир қилганини аниқланг.

## V Ҳўллаш. Чегаравий бурчак

Қаттиқ жисм чегарасида жойлашган суюқлик молекулалари қўшни суюқликнинг молекулаларидан ташқари, қаттиқ жисмнинг заррачалари билан ҳам ўзаро таъсирилашади.

Агар қаттиқ жисм заррачалари билан тортишиши кучлари суюқликнинг ўз молекулалари орасидаги тортишиши кучларидан катта бўлса, унда суюқлик жисмни ҳўллайди. Суюқликнинг эркин сирти камаяди, ботик шаклга эга бўлади (139 а) расм).

Агар суюқлик қаттиқ жисмни ҳўлламаса, унда суюқликнинг эркин сирти қавариқ бўлади (139 б) расм). Қавариқ эркин сиртни мениск деб аталади.

Қаттиқ жисмнинг сирти билан менискнинг қаттиқ жисмга кесишган нуқтасига ўтказилган урунма орасидаги бурчакни чегаравий бурчак  $\theta$  деб аталади.

## VI Капилляр ҳодисалар

Суюқликларнинг қаттиқ жисмларни ҳўллаши ёки ҳўлламаслиги капилляр ҳодисаларининг сабаби бўлиб ҳисобланади.

**Капиллярлар – ички диаметрлари жуда кичик бўлган найлар.**

Лотинча «капиллус» – соч, тола дегани билдиради. Капилляр найдаги суюқлик сатҳи, у най деворларини ҳўлласа, идишдаги суюқлик сатҳидан баландроқ бўлади. Капиллярдаги суюқлик устунинга таъсир этувчи оғирлик кучи сирт таранглик кучига тентглашгунча суюқлик кўтарилаверади:

$$F_o = F_{T_p} \quad (11)$$

бу ерда  $F_o = mg = \rho Shg = \rho \pi r^2 hg$ ,  $(12)$

$$F_k = \sigma l = \sigma 2\pi r. \quad (13)$$

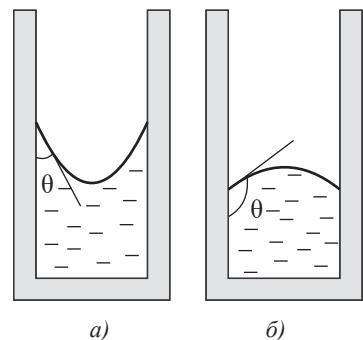
(12) ва (13) формулаларни (11) формулага қўйиб, қўйидагини оламиз:

$$\rho \pi r^2 hg = \sigma 2\pi r,$$

бундан:  $h = \frac{2\sigma}{\rho gr}$   $(14)$

ёки  $h = \frac{4\sigma}{\rho gd}$   $(15)$ .

Капилляр диаметри қанча кичик бўлса, капиллярдаги суюқлик сатҳи шунча юқори бўлади.



139-расм. Капиллярдаги суюқликнинг эркин сирти эргиланади

### Ўз тажрибанг

- Шиша капиллярдаги сувнинг эркин сирти эргилган;
- Диаметри кичикроқ найчада сиртнинг эгилиши кўроқ бўлишига ишонч ҳосил қилинг. Кузатилган ҳодисани МКТ асосида тушунтиринг.

### Жавоби қандай?

1. Идишдаги суюқликка ботирилган капилляр найнинг эркин сиртининг сатҳи нега идишдаги суюқликнинг эркин сиртнинг сатҳидан ёки юқори, ёки паст бўлади.
2. Нима учун уй қуришда фундаментни деворлардаги капиллярлардан маҳсус тўшамлар билан изоляцияланади?

### Топширик

Ҳўллаш ва капилляр ҳодисаларининг қўлланилишига мисоллар келтиринг.

## Назорат саволлари

1. Қандай кучларни молекуляр босим кучлари деб аталаdi?
2. Қандай кучларни сирт таранглик кучлари деб аталаdi?
3. Суюқлик ва қаттиқ жисм чегарасида сирт таранглик кучлари қандай йўналган?
4. Қандай катталикни сирт таранглик коэффициенти деб аталаdi? Унинг ўлчов бирлиги қандай?
5. Қандай ҳодисани ҳўллаш деб аталаdi? Қандай ҳодисалар капилляр ҳодисалар дейилади?



## Машқ

26

1. Узунлиги  $l = 4$  см гугурт чўпи сув сиртида сузиб юрибди. Агар чўпнинг бир томонига майсана мойини қўйсан, унда у ҳаракатга келади. Гугуртга таъсири этувчи кучни ва унинг йўналишини аниқланг. Сув ва мойнинг сирт таранглик коэффициентлари мос ҳолда  $\sigma_1 = 72$  мН/м ва  $\sigma = 33$  мН/м.
2. Агар учини диаметри  $d = 0,44$  мм томизгич ёрдамида сувни  $m = 0,01$  г гача аниқликда ўлчашиб мумкин бўлса, унда сувнинг сирт таранглик коэффициенти нимага тенг?
3. Радиуси  $R = 4$  см совун пуфакчасини пуфлаш учун қандай иш бажариш керак?
4. Каналлари диаметрлари мос ҳолда  $d = 1$  мм ва  $d = 2$  мм бўлган икки капиллярга симоб сатхлари фарқини аниқланг.
5. Сувга ботирилган турли диаметрли икки капилляр найдаги сатхлар фарқи  $\Delta h_1 = 2,6$  см бўлди. Шу найдарни спиртга ботирганда сатхлар фарқи  $\Delta h = 1$  см бўлди. Агар сувнинг сирт таранглик коэффициенти  $\sigma = 7,3 \cdot 10^{-2}$  Н/м бўлса, спиртнинг сирт таранглик коэффициентини аниқланг.

## Экспериментал топшириқ

Тажриба орқали суюқ совун ва сувнинг қандай нисбатида қўшилганда совун пуфакчаларининг деворлари мустаҳкам бўлишини аниқланг. Капилляр найдаги ёрдамида бирор эритманинг сирт таранглик коэффициентини аниқланг.

## Ижодий топшириқ

Ахборот тайёрланг (танлов бўйича):

1. «Кир ювиш қуқунлари кир ва доғларни қандай йўқотади?».
2. «Енгил ва оғир саноатда капиллярларнинг ишлатилиши».
3. «Табиатдаги капилляр ҳодисалар».

## 27§. Кристалл ва аморф жисмлар. Қаттиқ жисмларнинг механик хоссалари

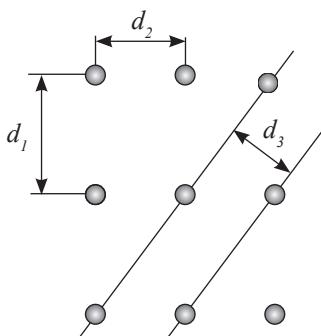
### Кутіладыган натижә:

Бу параграфни ўзлаштырганда:

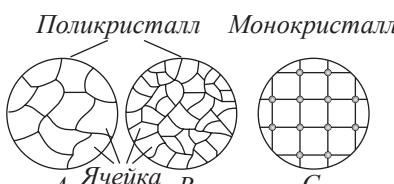
- турли қаттиқ жисмлар мисолида кристалл ва аморф жисмларнинг тузилишини ажратта оласиз;
- эластик деформацияда Юнг модулини аниқтай оласиз.



140-расм. Сувтош ва күнгір кварцнинг монокристаллари



141-расм. Монокристаллар анизотроп



142-расм. Поликристалларнинг тузилиши

### I Кристалл ва аморф жисмлар. Қаттиқ жисмларнинг изотроплиги ва анизотроплиги

Одатта, қаттиқ жисм деб шакли ва ҳажмини сақладыған барча жисмларни айтади. Физикада бу моддаларни кристалл ва аморф жисмлар деб бўлади. Кристалл жисмлар монокристалл ва поликристалларга бўлинади.

Аморф жисмларнинг кристаллардан фарқи уларнинг аниқ бир эрии ҳароратининг йўқлигига. Физикада аморф жисмлар қуюқ суюқлик сифатида қаралади. Аморф жисмларга мум, пластилин, шиша, қотган смолани киритиш мумкин. Аморф жисмларнинг кристалл панжараси бўлмайди, улар изотроп.

**Изотроплик – модданинг физик хоссаларини унда танланган йўналишга боғлиқ бўлмаслиги.**

Монокристал кристалл жисмлар анизотроп бўлади.

**Анизотроплик – модданинг физик хоссаларини унда танланган йўналишга боғлиқлиги.**

Табиий ҳолларда геометрик тўғри шакли монокристаллар кварц (140-расм), топаз, олмос, сувтош, графитни хосил қиласди.

Модда заррачалари орасидаги ўзаро таъсир кучларининг кристал панжарадаги йўналишни танланишига боғлиқ эканлигини ҳисобга олиш орқали, кристалларнинг механик, иссиқлиқ, электр ва оптик хоссаларининг анизотроплигини осон тушунтириш мумкин. Турли йўналишда улар орасидаги масофанинг фарқи бўлади  $d_1 > d_2 > d_3$  (141-расм).

Поликристалл жисм бир-бири билан қўшилиб, аралашиб тартибсиз йўналган монокристалларнинг тўпламини беради, уларнинг ўлчамлари 1-2 мкмдан бирнечча ммгача оралиқда ўзгаради (142-расм). Умуман олганда поликристалл жисмлар изотроп бўлади. Поликристалл жисмларга масалан, металлар, поликристалл олмослар, керамика киради.

## II Кристалл панжараларлар. Кристаллардаги нүқсонлар

Кристалнинг ички тузилишини кўринарли тасвирлаш учун уни кристалл панжара кўринишида тасвирлайди.

**Кристалл панжара – бу кристалдаги атомлар ёки ионларнинг даврий жойлашиши. Кристалл панжаранинг атомлари ёки ионлари жойлашган нуқталарни кристалл панжаранинг тугунлари деб аталади.**

Кристалл панжарада тугунларнинг жойлашиши расмини ионли микроскоп ёрдамида олиш мумкин.

*Барча кристаллар панжаралар тўрт турга бўлиниади: иоли, атом, молекуляр ва металл панжаралар.*

## III Кристалл жисмларнинг мустаҳкамлиги ва қаттиқлиги

Жисмнинг ташки кучларнинг таъсирига чидамлилик хоссалари мустаҳкамлик деб аталади. Нүқсонлари бор кристалларнинг мустаҳкамлиги тоза кристалларнинг мустаҳкамлигидан ўнлаб, юзлаб марта катта бўлади. *Нүқсонлар нуқтали ва сизиқли бўлади.* Ўз атомларини бегона атомлар билан алмаштириш (143 а) расм), панжара тугунларининг орасига атом киритиш (143 б) расм), кристалл панжара тугунларидан бирида атом бўлмаслиги (143 б) расм) каби нүқсонлар нуқтали нүқсонларга киради. Чизиқли нүқсонлар кристалл текислигидаги атомларнинг жойлашиш тартиби бузилганда юзага келади (143, г-расм).

Техникада барча материалларни мустаҳкамлиги билан бирга қаттиқлиги бўйича ҳам ажратилади. *Қаттиқлик – материалнинг бошқа материаллар сиртига чизганда из қолдириши хоссаси.* Бошқа материалнинг сиртида из қолдирадиган материал – қаттиқ материал бўлиб саналади. Метални кесишга мўлжалланган кесгич ва бурғунинг қаттиқлиги ишлов берилаётган металга қараганда ортиқ бўлиши керак.

## IV Жисмларнинг эластик ва пластик деформацияси. Қаттиқ жисмларнинг пластиклиги ва эластиклиги

*Материалнинг ўз шаклини тиклаши хоссаларини материалнинг эластиклиги деб аталади.*

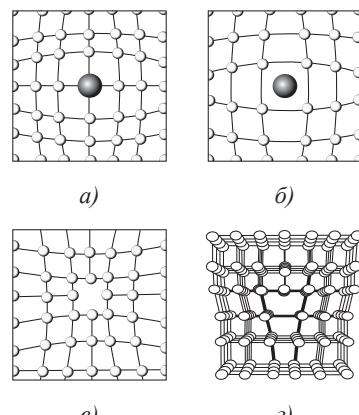
Барча кристалл жисмлар, резина эластиклик хоссаларига эга.

### Жавоби қандай?

1. Нега аморф жисмларнинг аниқ бир эриш ҳарорати ўўқ?
2. Ионли, атом, молекуляр ва металл панжара турларининг фарқлари нимада?

### Бу қизиқ!

Кристалнинг мустаҳкамлигини орттириш учун уларда маҳус нүқсонлар ҳосил қилинади. Улар тасодифий нүқсонлар чизиги бўйича боғланишлар узилишига қаршилик қиласди. Масалан, пўлатга уч марта хром ва вольфрамни киритилганда, унинг мустаҳкамлиги ортган.



143-расм. Нүқсон турлари

### Ўз тажрибанг

Алюминийнинг, пўлатнинг ва шишанинг қаттиқлигини таққосланг.

### Эсга туширинг!

Ташки кучларнинг қўйилиш нуқтаси ва йўналишига қарраб қаттиқ жисмлар деформацияси асосан тўрт турга бўлинади: чўзилиш ёки сиқилиш, эгилиш, силжиш ва буралиш.

*Материалнинг ташқи кучлар таъсирида олган шаклини сақлаши хоссаси пластиклик деб аталади. Аморф жисмлар пластиклик хоссасига эга.*

### 1-топшириқ

Пластик ва эластик деформацияга мисол келтириш.

## V Абсолют ва нисбий узайиш.

### Механик кучланиш

Сиқилиш ва чўзилиш деформациясини абсолют узайиш  $\Delta l$  характерлайди. Абсолют узайиш – намунанинг деформациядан олдинги  $l_0$  ва кейинги  $l$  узунликларининг айримасига тенг катталик:

$$\Delta l = l - l_0. \quad (1)$$

Чўзилишда  $\Delta l$  – мусбат, сиқилишда эса манфий бўлади.

Абсолют узайишнинг жисмнинг деформациягача бўлган  $l_0$  узунлигига нисбати нисбий узайиш деб аталади:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}. \quad (2)$$

Жисм деформацияланганда унинг ҳар бир кесимида молекулалар орасидаги масофанинг ўзгаришига боғлиқ электромагнит кучлар таъсири этади, уларни эластиклик кучлари ёки ички кучланиш кучлари деб аталади. Кучларнинг таралишини механик кучланиш характерлайди.

**Механик кучланиш – кўндаланг кесимининг  $S$  бирлик юзига таъсири этувчи ички кучланиш кучига тенг бўлган  $F$  физик катталик:**

$$\sigma = \frac{F_{\text{пруж}}}{S}, \quad (3)$$

бу ерда  $S$  – механик кучланиш. ХБС-да механик кучланишнинг ўлчов бирлиги паскаль:

$$\sigma = 1 \text{ Па} = 1 \frac{Н}{м^2}.$$

### Эсга туширинг!

Ташқи кучларнинг таъсири тўхтагандан кейин тўлиқ йўқоладиган деформацияни эластик деформация деб аталади. Ташқи кучларнинг таъсири тўхтагандан кейин ҳам йўқолмайдиган деформацияни пластик деформация деб аталади.

### 2-топшириқ

Деформациянинг ҳар бир турида ташқи кучларнинг кўйилиш нуқтаси ва йўналишини кўрсатинг.

### 3-топшириқ

Эластик деформациянинг ҳар бир тури учрайдиган жисмларга мисол келтириш.

## VI Гук қонуни. Юнг модули

Тажриба йўли билан инглиз физиги Р.Гук қуидаги холосага келди:

**Эластик деформацияланган жисмнинг механик кучланиши эластиклик модули билан нисбий узайишга тўғри пропорционал.**

$$\sigma = E \cdot |\varepsilon| \quad (4)$$

ёки (2) формулани ҳисобга олсак

$$\sigma = \frac{E [\Delta l]}{l_0}, \quad (5)$$

бу ерда  $E$  – Юнг модули. Юнг модулининг ўлчов бирлиги  $[E] = 1 \text{ Па. (5)}$  тенгламага (3) формулани олиб бориб қўйсак, қўйидаги формулани оламиз:

$$\frac{F_{\Delta l}}{S} = \frac{ES}{l_0} [\Delta l],$$

бундан

$$F_{\Delta l} = \frac{ES}{l_0} [\Delta l] \quad (6)$$

ёки

$$F_{\Delta l} = k |\Delta l|, \quad (7)$$

бу ерда  $k$  – қаттиқлик коэффициенти. (6) ва (7) формулалардан:

$$k = \frac{ES}{l_0}. \quad (8)$$

Қаттиқлик коэффициенти жисмнинг ўлчамлари ва модданинг эластиклик хоссаларига боғлиқ. Жисм қанча қисқа ва унинг кўндаланг кесимининг юзи қанча катта бўлгани сайн унинг қаттиқлиги шунча ортаверади.

Улаш тури		Формула
Параллел	Қаттиқларни ҳар хил	$k = k_1 + k_2 + \dots + k_n$ $n$ – пружина сони
	Қаттиқларни бир хил	$k = nk_1$ $n$ – пружина сони
Кетма-кет	Қаттиқларни ҳар хил	$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n},$ $n$ – пружина сони
	Иккита ҳар хил пружина	$k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$
	Қаттиқларни бир хил пружиналар	$k = \frac{k_1}{n}$ $n$ – пружина сони

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Узунлиги  $l_0$  қаттиқлик коэффициенти  $k_0$  бўлган резина ип иккига буқланди. Резина ипнинг қаттиқлик коэффициенти қандай ўзгаради?

<b>Берилган:</b> $l_0$ $k_0$	<b>Ечиш:</b> Кесим юзаси $S_0$ ва узунлиги $l_0$ резина ипнинг қаттиқлик коэффициенти $k_0 = ES_0 / l_0$ . Резина ипни икки булаганда, система кесим юзаси икки марта ортади. $S = 2S_0$ , узунлиги эса 2 марта камаяди $l = l_0/2$ . Шунинг учун
Топиш керак: $k = ?$	$k = \frac{ES}{l} = 4 \frac{ES_0}{l_0} = 4k_0.$ <b>Жавоби:</b> $k = 4k_0$

## Назорат саволлари

1. Аморф жисмларнинг кристалл жисмлардан қандай фарқлари бор?
2. Кристалл панжара деб нимага айтилади? Сизга панжараларнинг қандай турлари маълум?
3. Қандай усулда кристалларнинг мустаҳкамлиги ортирилади?
4. Механик кучланиш деб нимага айтилади? Юнг модули деб-чи?
5. Чўзилиш диаграммаси бўйича деформацияланишда қаттиқ жисмларда бўладиган жараёнларни тавсифланг.



## Машқ

27

1. Сим бўйлаб йўналган қандай куч таъсирида унда  $15 \cdot 10^7 \frac{H}{m^2}$  кучланиш юзага келади? Сим диаметри 0,40 см.
2. Баландлиги 20 м гишт деворнинг асосидаги кучланиш қандай бўлади? Деворнинг асосидаги ва унинг юқори қисмидаги фиштларнинг мустаҳкамлиги бирдай бўладими?
3. Узунлиги 4,0 м ва кесим юзи  $2,0 \text{ mm}^2$  жез симда қолдиқ деформация пайдо бўлиши учун қандай минимал юкланиш керак? Бу вақтда симнинг нисбий узайиши нимага teng бўлади? Жезнинг эластиклик чегараси
$$\sigma = 1,1 \cdot 10^8 \frac{H}{m^2}.$$
 Сим массасини эътиборга олманг.
4. 100 H кучнинг таъсирида узунлиги 5,0 м ва кесим юзи  $2,5 \text{ mm}^2$  сим 1,0 мм чўзилди. Симга таъсир этувчи кучланишни ва Юнг модулини аниқланг.
5. Узунлиги 5,0 м мис сим 480 Н юкланиш туширилганда 1,0 мм-га чўзилса, унинг кесим юзи қандай бўлиши керак? Агар чўзилганда унинг мустаҳкамлик чегараси  $2,2 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$  бўлса, сим бундай кучланишга чидай оладими? Сим массасини эътиборга олманг.

## 9-бобнинг хуносаси

Ҳавонинг намлиги	Сирт таранглик коэффициенти	Капиллярда суюқликнинг кўтарилиш баладлиги
Абсолют намлик $\rho = \frac{m}{V}$	$\sigma = \frac{F_k}{l}$	Тўла хўллашда $h = \frac{2\sigma}{\rho gr}$
Нисбий намлик $\varphi = \frac{\rho}{\rho_k} \cdot 100\%$ $\varphi = \frac{P}{P_k} \cdot 100\%$	$\sigma = \frac{A}{\Delta S}$	$h = \frac{4\sigma}{\rho gd}$
Гук қонуни, мустаҳкамлик заҳираси	Жисмнинг узайиши, механик кучланиш	Бикрлик коэффициенти
Гук қонуни $F_{\vartheta l} = k[\Delta l]$ $\sigma = E \cdot [\varepsilon]$	Абсолют узайиш $\Delta l = l - l_0$ Нисбий узайиш $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$	$k = \frac{ES}{l_0}$ Пружиналарни кетма-кет улаш $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n}$ $k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$
Мустаҳкамлик заҳираси $n = \frac{\sigma_{\text{б.и.}}}{\sigma_m}$	Механик кучланиш $\sigma = \frac{F_{\text{сепн}}}{S}$	Параллел улаш $k = k_1 + k_2 + \dots + k_n$

### Қонунлар:

#### Гук қонуни:

Эластик деформацияланган жисмнинг механик кучланиши эластиклик модули ва нисбий узайишига тўғри пропорционал.

Жисм деформацияланганда пайдо бўлган эластиклик кучи деформация катталигига тўғри пропорционал.

### Глоссарий

**Ҳавонинг абсолют намлиги** –  $1 \text{ m}^3$  ҳаводаги сув бугининг миқдори.

**Абсолют узайиш** – намунанинг деформациядан олдинги  $l_0$  ва кейинги  $l$  узунликларининг айримасига тенг катталик.

**Анизотропия** – модданинг физик хоссаларини унда танланган йўналишга боғлиқлиги.

**Гигрометр** – ҳаво намлигини аниқлаш асбоби.

**Жисмнинг деформацияси** – жисм ўлчови ва шаклининг ўзгариши.

**Динамик мувозанат** – бу термодинамик системанинг ҳолати, бунда бирдай вақт оралигига суюқликдан кетувчи молекулалар сони унга қайтиб келувчи молекулалар сонига тенг бўлади.

**Изотроплик** – модданинг физик хоссаларининг унда танланган йўналишга боғлиқмаслиги.

**Буғланиш** – суюқликнинг эркин сиртидан исталган ҳароратда бўладиган буғланиш.

**Капиллярлар** – ички диаметри жуда кичик найлар.

**Қайнаш** – суюқликнинг бутун ҳажми бўйича юз берадиган буғланиш жараёни.

**Конденсация** – буғнинг суюқликка айланиш жараёни.

**Сирт таранглик коэффициенти** – суюқликнинг эркин сирти бирлик юзага камайганда молекуляр кучларнинг ишига teng катталик.

**Сирт таранглик коэффициенти** – сирт таранглик кучининг суюқликнинг сирт қатлами чегарасининг узунлигига нисбати.

**Чегаравий бурчак** – қаттиқ жисмнинг сирти ва менискнинг қаттиқ жисм билан кесишиш нуктасига ўтказилган урунма орасидаги бурчак.

**Кристалл панжара** – кристалдаги атомлар ва молекулаларнинг марказлари билан мос тушувчи тугунлари бор фазовий панжара структураси.

**Критик ҳарорат** – суюқлик ва унинг тўйинган буғи зичликлари қийматлари бирдай бўлган даги ҳарорат.

**Мениск** – суюқликнинг эгриланган эркин сирти.

**Механик кучланиш** – кўндаланг кесимининг  $S$  бирлик юзига таъсир этувчи  $F_{\text{ж}}$  ички кучланиш кучига teng бўлган физик катталик.

**Юнг модули** – жисмнинг узунлиги икки марта орттирилганда, унга қандай механик кучланиш таъсир этишини кўрсатадиган катталик.

**Тўйинган буғ** – ўзининг суюқлиги билан динамик мувозанатда бўлган буғ.

**Тўйинмаган буғ** – ўзининг суюқлиги билан динамик мувозанатда бўлмайдиган буғ.

**Ҳавонинг нисбий намлиги** – фоизларда ифодаланган ва берилган ҳароратда ҳавонинг абсолют намлигининг  $1 \text{ m}^3$  ҳавони тўйинтиришга керакли буғ микдорига нисбати.

**Ҳавонинг нисбий намлиги** – берилган ҳароратда ҳавонинг таркибида бўлган сув буғи босимиши шу ҳароратдаги тўйинган сув буғи босимиша фоизларда ифодаланган нисбати.

**Буғ хосил бўлиши** – модданинг суюқ ҳолатдан газсимон ҳолатга ўтиши.

**Пластик деформация** – ташқи кучлар таъсири йўқолганда йўқолмайдиган деформация.

Пластиклик – ташқи кучлар таъсирида олган шаклини сақлайдиган материалнинг хоссалари.

**Мустаҳкамлик** – жисмнинг ташқи кучларнинг таъсирига чидамлилик хоссалари.

**Молекуляр босим кучи** – суюқликнинг сирт қатлами молекулаларига таъсир этувчи натижавий куч, бу куч унинг эркин сиртига перпендикуляр йўналади.

**Сирт таранглик кучи** – суюқликнинг сирт қатламидаги молекулаларнинг ўзаро тортишиш кучлари, улар юзани кичрайтиришга ҳаракат қиласи ва сиртга урунма бўйлаб йўналади.

**Сублимация** – модданинг қаттиқ ҳолатдан суюқликка айланмай, газ ҳолатга ўтиши. Қаттиқлиқ – материалнинг бошқа материаллар сиртига чизганда из қолдириш хоссалари.

**Шудринг нуктаси** – атмосферадаги сув буғи тўйинадиган ҳарорат.

**Учланма нукта** – модданинг уч агрегат ҳолати: қаттиқ, суюқ ва газсимон ҳолатлари биргаликда мувозанатда бўлгандаги ҳарорат ва босимнинг қиймати.

**Эластик деформация** – ташқи кучлар таъсиридан кейин тўлиқ йўқоладиган деформация.

**Эластиклик** – материалнинг ташқи кучлар таъсири йўқотилгандан сўнг ўз шаклини қайта тиклаш хоссалари.

«Электр ва магнетизм» бўлими мининг асосий мазмунни электромагнит майдоннинг хоссаларини ва унинг зарядланган жисмлар билан ўзаро таъсирини тавсифлашдан иборат. Электродинамикада зарядланган жисмлар орасидаги электр ва магнит ўзаро таъсирлар қаралади.

Электромагнит майдон таъсирида юз берадиган исталган ўзаро таъсирлар электродинамикада қараладиган масалалар ҳисобланади.

## 10-БОБ

# ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Электростатика деб қўзғалмас зарядлар орасидаги ўзаро таъсирларни ўрганадиган электродинамиканинг бўлимига айтилади. Заряд мусбат қийматлар билан бир қаторда манфий қийматлар ҳам қабуллайди. Дастрраб «электр зарди» деган тушунча 1785 йили Кулон қонунида киритилган.

### Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:

- масала ечишда электр зарядининг сакланиш қонуни ва Кулон қонунидан фойдаланишни;
- электр майдони кучланганлигини аниқлаш учун суперпозиция принципини қўллашни;
- зарядталған чексиз текислик, шар, сфера ва чексиз ип электр майдони кучланганлигини аниқлаш учун Гаусс теоремасидан фойдаланишни;
- нуқтавий зарядларнинг электр майдонининг иши ва потенциалини ҳисоблашни;
- масала ечишда электростатик майдоннинг энергетик ва куч характеристикаларини боғловчи формулаларни қўллашни;
- гравитацион ва электростатик майдонларнинг куч ва энергетик характеристикаларини солиштиришни;
- ўтказгичлардаги электростатик индукция ва диэлектриклардаги қутбланиш ҳодисаларини қиёсий таҳлил қилишни;
- конденсатор сиғимининг унинг параметрларига боғлиқлигини текширишни;
- масала ечишда конденсаторларни кетма-кет ва параллел улаш формулаларидан фойдаланишни;
- электр майдонининг энергиясини ҳисоблашни ўрганасизлар.

## 286. Электр заряди. Заряднинг сирт ва ҳажми зичлиги. Заряднинг сақланиш қонуни. Кулон қонуни

### Кутиладиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштиргандо:

- масала ечишда электр зарядининг сақланиш қонуни ва Кулон қонунини кўллай оласиз.

### Эсга туширинг!

Атом нейтрал.

Электронларининг бир қисмини йўқотган атом мусбат ионга айланади. Ортиқча электронлари бор атом манфий ион деб аталади.

### Топшириқ

Менделеев жадвалидан фойдаланиб, кислород, алюминий атомлари таркибидаги электронлар, протонлар ва нейтронлар сонини аниқланг.

### Ўз тажрибанг

Пластмасса пластинани ишқалаш орқали электрланг. Қоғознинг майдабулакларига яқинлаштиринг. Тажрибани металл пластина билан такрорланг. Нега биринчи ҳолда қоғозлар тортилади, иккинчи ҳолда эса тортилмайди?

Диэлектрикни электрлаш қандай боришини тушунишинг. Нега ўтказгични ишқалаш орқали электрлашга бўлмайди?

### I Жисмларни электрлаш.

#### Жисмларни электрлаш усуллари

Икки жисмни ишқалаш орқали электрлашда, уларда модуллари бўйича тенг, ишоралари бўйича қарама-қарши зарядлар пайдо бўлади, атомлар ионларга айланади.

Жисмни ишқалаш орқали ва таъсири орқали электрлашга бўлади.

Ишқалаш орқали электрлаш усулидан диэлектриклар учун фойдаланилади. Диэлектрикларда заряд қаерда пайдо бўлса, шу ерда қолади, у электрланган жисмнинг бошқа қисмларига кўча олмайди.

Металларни бу усулда электрлаш мумкин эмас. Металл жисмлар бир-биридан узилиш вақтида барча ортиқча электронлар бир металл жисмдан бошқасига оқиб ўтади, натижада икки жисм ҳам зарядланмаган бўлади. Металл жисмларни бошқа усулда электрлаш жуда осон, уни таъсири орқали электрлаш деб аталади. Бир-бирига тегиб турган зарядланмаган ўтказгичларга электрланган жисмни яқинлаштирайлик. Жисмлар изоляцияланган таянчларда жойлашган (144-расм). *A* ва *B* ўтказгичлар бўйлаб осилган енгил япроқчалар фақат уларнинг учларидагина оғади.

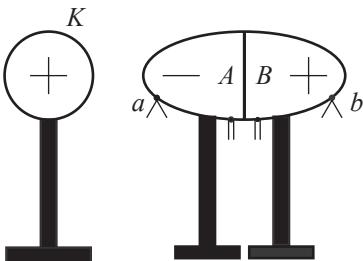
Демак, *K* зарядланган жисмнинг электр майдони таъсирида электронларнинг силжишида ортиқча зарядларнинг тўпланиши рўй беради.

Улчамлари кичик мусбат зарядланган жисми, яъни синов заряди ёрдамида, *a* нуктада манфий заряд йифилганини кўришга бўлади. Синов зарядини *a* нуктага олиб борайлик, япроқчалар синов зарядга тортилади. *b* нуктада мусбат заряд йифилади, япроқчалар синов заряддан итарилади. *A* ва *B* ўтказгичларни бир-биридан узоклаштирамиз. Узилиш пайтида электронлар *A* жисмдан *B* жисмга ўта олмайди, сабаби улар *K* электр майдонига тортилади.

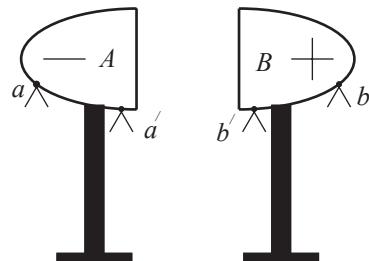
### Жавоби қандай?

Бир хил ишорали зарядлар бир-биридан итарилишига, ҳар хил ишорали зарядлар эса тортилишига қандай ишонч ҳосил қилиш мумкин?

*K* жисми ҳосил қылган ташқи күчлар олинганда, *A* ва *B* жисмлардаги зарядлар бутун юза бўйича таралады, унга *A* ва *B* жисмларига осилган барча япроқчаларнинг очилиши далил бўлади (145-расм).



144-расм. Таъсир орқали электрлаши – электр индукцияси



145-расм. Ўтказгичлардаги зарядлар сон жиҳатдан тенг, бироқ ишоралари бўйича қарама-қарши

Ўтказгични таъсир орқали зарядлаш жа-  
раёнини электр индукцияси деб аталади.

Бу вақтда ҳосил бўлган зарядни индукцион заряд деб аталади.

## II Элементар заряд. Заряднинг дискретлиги

Минимал электр зарядига эга электронни элементар заряд деб аталади. Жисмларнинг зарядлари электронларнинг сони ортиши ёки етишмаслиги билан аниқланади, яъни уларнинг заряди элементар зарядга ажралади. Исталган эркин зарядланган зарра элементар заряднинг фақат бутун сонини ташкил қиласди:

$$q = N|e|.$$

ХБС-да заряднинг ўлчов бирлиги  $[q] = 1 \text{ Кл}$

Кулон – бу ток қучи  $1 \text{ А}$  бўлганда  $1 \text{ с}$  ичида ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали ўтадиган электр заряди.

Киймати  $e \approx 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$  бўлган электрон заряди жуда кичик бўлганидан узоқ вақт давомида электр зарядининг дискретлигини аниқлаш мумкин бўлмаган.

Дискретлик деганимиз – «узлукли», «бўлакча» алоҳида улушлар тарзида бўлишини билдиради.

Электр зарядининг дискретлиги фақат жисм зарядлари элементар заряд билан солиштирадиган даражада кичик бўлганда сезилади. Шунинг учун Р.Милликен ўз тажрибаларида микроскопик томчиларни кўллаган, уларнинг заряди бир неча элементар заряддан иборат бўлаган.

### Жавоби қандай?

- Агар электроскопга мусбат зарядланган жисмни яқинлатсак, мусбат зарядланган электроскоп япроқчалари нега очилади? Агар манфий зарядланган жисмни яқинлатсак, нега ёпилади?
- Ипак ипга осилган зарядланган жисм зарядининг ишорасига қарамай, нега доим тажриба ўтказувчнинг кўлига тортилади?

### Эсада сақланг!

Электрон зарядининг катталигини биринчи ўлчашларни 1909–1913 йиллари америка физиги Р. Милликен бажарган. У электр майдонидаги мойнинг микроскопик томчиларининг ҳаракатини кузатди. У томчи зарядини энг кичик элементар зарядга қисқаришини ба бу заряд катталигини ўлчай олди, бу  $e \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$  -га тенг.

### III. Зарядларнинг сирт ва ҳажмий зичлиги

Зарядлар факат жисмнинг сиртидагина эмас, унинг бутун ҳажмида ҳам мавжуд. Зарядларнинг жисм бўйлаб тарагиши сирт ва ҳажмий зичлик билан характерланади:

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

бу ерда  $\sigma$  – сирт зичлик,  $q$  – жисмнинг заряди,  $S$  – зарядланган жисм сиртининг юзи.

$$\rho = \frac{q}{V}$$

бу ерда  $\rho$  – заряднинг ҳажмий зичлиги,  $V$  – ҳажм.

#### Эсда сақланг!

$$[\sigma] = 1 \frac{Кл}{м^2}$$

$$[q] = 1 Кл$$

$$[S] = 1 м^2$$

$$[\rho] = 1 \frac{Кл}{м^3}$$

$$[V] = 1 м^3$$

### IV Заряднинг сақланиш қонуни

Зарядланган жисмлар системасида янги зарядланган зарралар, масалан, атом ёки молекулаларнинг ионланиш ҳодисаси натижасида электронлар ва ионлар ҳосил бўлиши мумкин. 1843 йили инглиз физиги М.Фарадей заряднинг сақланиш қонуни кашф қилди:

**Исталган берк системадаги электр зарядларининг алгебраик йигинидиси шу система ичидаги исталган жараёнларда ўзгаришсиз қолади.**

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const.}$$

Заряднинг сақланиш қонуни энергия ва импульснинг сақланиш қонунлари каби табиатнинг фундаментал қонуни ҳисобланади. У макродунё билан бир қаторда, микродунёда ҳам қўлланилади.

### V Кулон қонуни

Икки нуқтавий заряднинг ўзаро таъсир қонунини 1785 йили француз олимни Ш. Кулон кашф қилган.

**Нуқтавий зарядлар – ўлчамлари улар орасидаги масофадан анча кичик бўлган зарядланган жисмлар.**

**Тажриба ўюли билан Ш.Кулон қўйидаги хуносага келди:**

Икки нуқтавий зарядларнинг ўзаро таъсирлашиш кучи зарядларни бирлаштирувчи тўғри чизик бўйлаб йўналган бўлиб, икки заряднинг кўпайтмасига тўғри пропорционал ва уларнинг орасидаги масофа квадратига тескари пропорционал:

$$F_K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\varepsilon} \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad (1)$$

ёки

$$F_K = \frac{k |q_1||q_2|}{\varepsilon r^2}, \quad (2)$$

#### Эсда сақланг!

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{H \cdot m^2}{Kl^2}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{Kl^2}{H \cdot m^2}$$

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

бу ерда  $|q_1|$ ,  $|q_2|$  – ўзаро таъсирашувчи жисмларнинг зарядларининг модуллари;

$r$  – нуқтавий зарядлар орасидаги масофа;

$k$  – пропорционаллик коэффициенти;

$\epsilon_0$  – электр доимийси;

$\epsilon$  – мұхитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги.

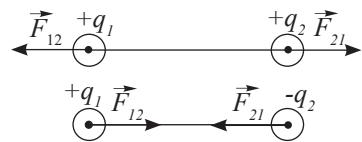
Диэлектрик сингдирувчанлик мұхитнинг электр хоссаларини характерлайды, ўлчов бирлигі бўлмайди.

$$\epsilon = \frac{F_0}{F}.$$

**Мұхитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги – диэлектрикдаги зарядларнинг ўзаро таъсири кучи вакуумдагига қараганда неча марта кичик эканлигини кўрсатувчи физик катталиқ.**

146-расмда икки нуқтавий заряднинг ўзаро таъсири кучлари тасвиранган, Ньютоннинг учинчи конунига кўра:  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

Кулон кучи марказий куч ҳисобланади у нуқтавий зарядларни бирлаштирувчи тўғри чизик бўйлаб таъсири этади.



**146-расм.** Марказий кулон кучлари

## VI Бир неча зарядларнинг ўзаро таъсирашиши

Бир неча нуқтавий зарядлар ўзаро таъсирашганда, уларнинг исталганига қўйилган тенг таъсири этувчи кучни, унга таъсири этувчи барча кучларнинг вектор йиғиндиси сифатида аниқланади:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n.$$

Масалан, квадратнинг марказида жойлашган зарядга квадратларнинг бурчакларида жойлашган зарядлар томонидан таъсири этувчи кучларнинг тенг таъсири этувчиси (147-расм):

$$\vec{F}_5 = \vec{F}_{51} + \vec{F}_{52} + \vec{F}_{53} + \vec{F}_{54}.$$

Кучларнинг сон қийматлари (1) ёки (2) формула бўйича ҳисобланади, сабаби икки заряд орасидаги ўзаро таъсирашиш кучи бошқа зарядларнинг бор йўқлигига боғлиқ эмас.

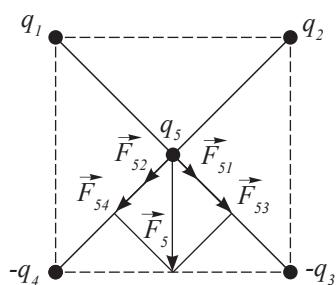
Тенг таъсири этувчи кучнинг модулини кучларни вектор усулда қўшишда олинган учбурчакдан ёки координата усули билан аниқланади:

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2},$$

бу ерда

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx},$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny}.$$



**147-расм.** Тенг таъсири этувчи куч вектор йиғинди орқали аниқланади

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Квадрат бурчакларида  $q$ -га тенг бирдай мусбат зарядлар жойлашган. Барча зарядлар системаси мувозанатда бўлиши учун квадрат марказида жойлашган заряднинг катталиги қандай бўлиши керак? Бу турғун мувозанат бўладими?

**Берилган:**

$$\frac{q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q}{q_0}$$

**Ечиш:**

Квадрат бурчакларининг бирида жойлашган заряднинг мувозанат шартини қарайлик, масалан  $q_2$  заряди бор нуқтадаги зарядни (расмни қаранг):

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_0 = 0$$

Тенгламани  $x$  ўқига проекциясини ёзайлик:

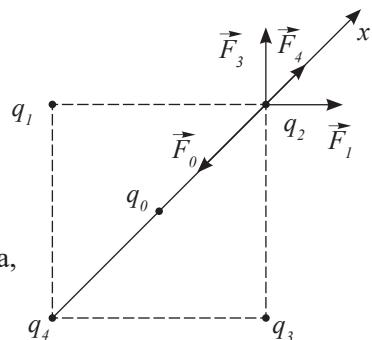
$$F_4 + F_1 \cos 45^\circ + F_3 \cos 45^\circ - F_0 = 0,$$

Кулон қонуни асосида кучларни хисоблаш формулаларини ёзамиз:

$$F_1 = F_3 = k \frac{q^2}{a^2}, \quad F_4 = k \frac{q^2}{2a^2}$$

бу ерда  $a$  – квадрат томони.

$$F_0 = k \frac{q|q_0|}{\left(\frac{a}{\sqrt{2}}\right)^2} = k \frac{2q|q_0|}{a^2}, \text{ агар } q_0 \text{ заряди – манфий бўлса,}$$



система мувозанатни сақлай олади, унда:

$$k \frac{q^2}{2a^2} + k \frac{q^2}{a^2} \sqrt{2} - k \frac{2q|q_0|}{a^2} = 0 \Rightarrow |q_0| = \frac{q(1+2\sqrt{2})}{4}.$$

Мувозанат турғунмас, сабаби, исталган зарядни мувозанат ҳолатидан силжитилганда улар бошланғич холатига қайтиб келмайди.

**Жавоби:**  $q_0 = -\frac{q(1+2\sqrt{2})}{4}$ .

### Назорат саволлари

- Қандай ҳодисани электрлаш деб аталади?
- Диэлектриклар қандай усулда электрланади?
- Заряднинг сақланиш қонуни ва Кулон қонунини таърифланг.
- Қандай зарядни нуқтавий деб аталади?

**Машқ**

28

- Бир-биридан 5 см масофада жойлашган 10 нКл ва 15 нКл икки нуқтавий зарядлар қандай куч билан ўзаро таъсирилашади?

- Бир-биридан 5 см масофада жойлашган иккита бир хил нүктавий заряд 0,4 мН күч билан ўзаро таъсирашади. Бу зарядларнинг ҳар бирини топинг.
- Бири мусбат 15 мКл заряд билан, иккинчиси эса 25 мКл манфий заряд билан зарядланган иккита бирдай шарларни теккизади ва қайта 10 см масофага узоклаштиради. Ҳар бир шарнинг зарядини ва улар теккизилгандан кейинги ўзаро таъсирашиш кучини аниқланг.
- Ипда массаси 20 г зарядланган шар осилган. Шарнинг оғирлиги икки марта камайиши учун шардан 5 см масофада қандай  $q_2$  зарядни жойлаштириш керак? Шарнинг заряди  $10^{-6}$  Кл.
- Узунлиги 1 м ипга осилган массалари бирдай икки кичкина шарга  $9 \cdot 10^{-6}$  Кл заряд берилди. Уларнинг огиш бурчаги  $60^\circ$ . Шарларнинг массаларини аниқланг.

### Ижодий топшириқ

Ахборот тайёрланг (танлов бўйича):

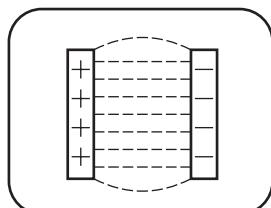
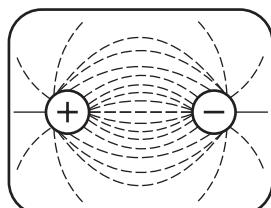
- «Иоффе ва Милликен тажрибалари».
- «Техникада электрлаштиришдан фойдаланиш».

## 296. Электр майдони. Бир жинсли ва бир жинсли эмас электр майдони. Электр майдонининг суперпозиция принципи

### Кутиладиган натижаба

Бу параграфни ўзлаштиргандай:

- электр майдонининг кучланганлигини аниклаши учун суперпозиция принципини қўллай оласиз.



**148-расм.** Зарядланган жисм атрофидаги майдон қалқиб юрган толаларнинг жойлашиши

### Жавоби қандай?

Зарядланган жисмларнинг таъсирлашишини тушунтиришида олисдан ва яқиндан таъсирлашишларнинг асосий фарқи нимада?

### Ўз тажрибанг

Синов заряддан фойдаланиб, зарядланган металл шарнинг электр майдонини текширинг. Шарга қандай заряд берилганлигини аниqlанг. Зарядни шардан олиб ташлаганда электр майдони қандай ўзгаради?

### I Электр майдони

Зарядланган жисмлар атрофидаги фазо янги хосаларга эга бўлади: унга киритилган енгил ёки зарядланган жисмлар тортишиш ёки итарилиш кучларини сезади. Куч таъсирида жисмлар фазода аниқ бир тартибда кўчади ва жойлашади (*148-расм*).

Зарядланган жисмнинг атрофидаги фазони электр майдони деб аталади. Электр майдони тушунчасини дастлаб инглиз олими М.Фарадей киритган. У зарядларнинг ўзаро таъсирлашишида яқиндан таъсир қилиш назариясини ёқлади. Фарадей зарядлар электр майдонининг таъсирида итарилади ёки тортилади деб таърифлади.

**Электр майдони – зарядланган жисмларнинг ўзаро таъсирлашишини характерловчи материянинг алоҳида тури.**

Кўзгалмас ва вакт ўтиши билан ўзгармайдиган заряднинг электр майдонини *электростатик майдон* деб аталади.

Олисдан таъсир қилиш назарияси тарафдорлари, зарядлар бир-бири билан тўғридан-тўғри ва исталган масофада таъсирлашади деб хисоблашган.

### II Электр майдонининг кучланганлиги. Нуқтавий заряднинг кучланганлиги

Кучланганлик – электр майдонининг куч характеристикиаси.

Фазонинг берилган нуқтасида жойлашган мусбат синов зарядига таъсир этувчи кучнинг, шу заряд катталигига нисбатига тенг физик катталикни *электр майдонининг кучланганлиги* деб аталади:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (1)$$

(1) формуладан  $Q$  нүктавий заряд майдонига киритилгандар таъсир этувчи кучни аниклайлик:

$$F = qE. \quad (2)$$

Кулон қонуни асосида  $Q$  ва  $q$  зарядларнинг орасидаги ўзаро таъсирилашиш кучи қуидагига тенг:

$$F = \frac{k|Q||q|}{r^2} \quad (3)$$

(2) ва (3) формулалардан:

$$E = \frac{kQ}{r^2} \quad (4)$$

экани келиб чиқади.

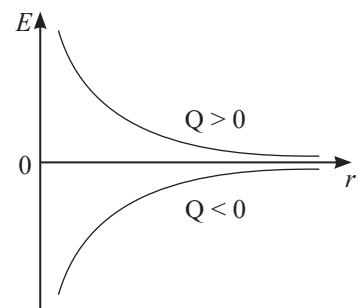
Биз нүктавий заряднинг майдон кучланганлигини хисоблаш формуласини олдик. Фазонинг берилган нүктасидаги кучланганлик майдонни юзага келтираётган жисм заряди билан  $Q$  аникланади, у майдонга киритилганд  $q$  зарядга боғлиқ эмас. Кучланганлик масофанинг функцияси хисобланади, фазодаги нүкта майдон манбаидан қанча узоқда бўлса, унинг модули шунчак кичик бўлади (*149-расм*). (1) формулага кўра кучланганликнинг ўлчов бирлиги:

$$[E] = 1 \frac{H}{K_l}.$$

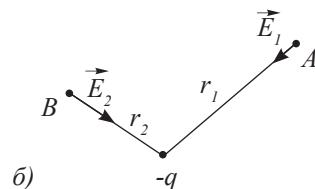
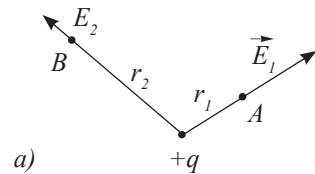
### III Кучланганлик векторининг йўналиши ва куч чизиқлари

Электр майдонининг кучланганлиги вектор катталик хисобланади. Фазонинг ҳар бир нүктасидаги кучланганлик векторининг йўналиши мусбат синов зарядига таъсир этувчи куч йўналиши билан мос келади.

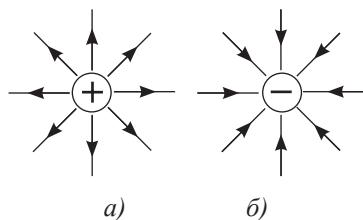
Агар майдонни мусбат заряд ҳосил қилса, унда фазонинг исталган нүктасидаги майдон кучланганлиги радиал чизик бўйлаб заряддан ташкарига (*150 а) расм*) йўналади. Манфий заряд майдонида кучланганлик вектори радиал чизик бўйлаб зарядга қараб (*148 б) расм*) йўналади. Радиал чизиқлар – булар кучнинг таъсир чизиқлари, яъни улар электр майдонининг куч чизиқлари хисобланади (*151-расм*). Биринчи бўлиб куч чизиқлари тушунчасини М.Фарадей майдонни кўринарли ва қулай тасвирилаш учун киритган. Қарама-қарши ишорали икки нүктавий зарядлар орасидаги ва турли ишорали зарядланган икки пластина орасидаги майдоннинг куч чизиқлари *152-расмда* тасвиранган.



**149-расм.** Кучланганликнинг масофага боғлиқлик графиги



**150-расм.** Нүктавий заряд майдони кучланганлиги векторининг йўналиши радиал чизиқлар бўйлаб йўналган



**151-расм.** Мусбат ва манфий нүктавий зарядларнинг куч чизиқлари

**Электр майдонининг куч чизиқлари – ҳар бир нуқтасига ўтказилган урунмаларнинг йўналиши майдон кучланганилиги векторининг йўналиши билан мос келадиган чизиқлар.**

Куч чизиқларининг расмидан кўринишича:

- 1) электр майдонининг куч чизиқлари бир-бiri билан кесишмайди, сабаби фазонинг исталган нуқтасида кучланганилик бир неча йўналишига эга бўла олмайди;
- 2) электр майдонининг куч чизиқлари берк, улар мусбат зарядлардан бошланади ва манфий зарядларда тугайди.

#### IV Бир жинсли ва бир жинсли эмас майдонларнинг куч чизиқлари

151. 152-расмлардаги электр майдонининг куч чизиқларининг расмларини таққослайлик. Икки пластина ҳосил қилган майдоннинг куч чизиқлари бирдай мсофада жойлашган параллел чизиқлар бўлиб, уларнинг зичлиги ўзгармайди. Бундай майдонни бир жинсли деб аталади. Бир жинсли майдон учун кучланганилик вектори унинг барча нуқталарида ўзгармас:

$$\vec{E} = \text{const.}$$

Нуқтавий заряд ҳосил қилган бир жинсли эмас майдон учун заряд атрофида куч чизиқларининг зичлиги кўп, зарядлардан узокда кам, бу майдон кучланганилининг ўзгаришини кўрсатади. Куч чизиқлари қанча зич бўлса, майдон кучланганилиги шунча катта бўлади.

#### V Майдонларнинг суперпозиция принципи

Бир неча заряднинг таъсиралиши натижасида майдонларнинг устма-уст тушиши кузатилади, буни суперпозиция принципи деб аталади.

**Зарядлар системаси ҳосил қилган электр майдонининг фазонинг берилган нуқтасидаги кучланганилиги ҳар бир заряд майдони кучланганикларининг геометрик йиғиндинисига teng.**

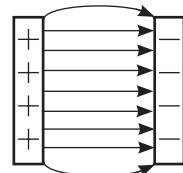
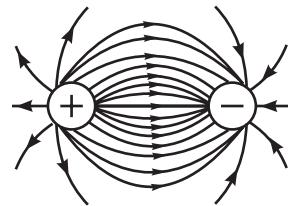
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

*A* нуқтада икки нуқтавий заряд ҳосил қилган майдон кучланганилинин аниқлайлик (153-расм):

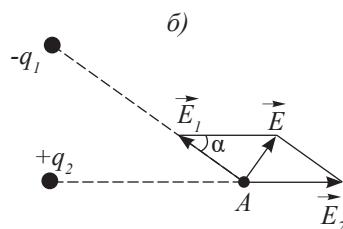
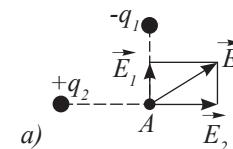
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Кучланганилик векторы модулини Пифагор теоремаси бўйича хисоблаймиз (153 a) расм):

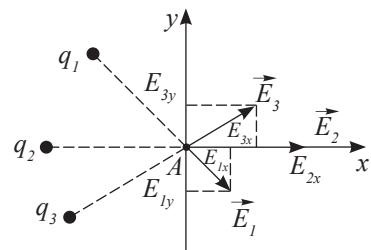
$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$



**152-расм.** Турли ишорали нуқтавий зарядларнинг ва пластиналарнинг куч чизиқлари майдони



**153-расм.** Бир неча заряд ҳосил қилган майдоннинг кучланганилиги кучланганикларининг геометрик йиғиндинисига teng



**154-расм.** Бир неча заряд майдонининг кучланганилигини аниқлашнинг координата усули

ёки косинуслар теоремасидан (153 б-расм):

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1 E_2 \cos \alpha}.$$

Зарядлар сони кўп бўлганда векторлар навбат билан қўшилади ёки координата усули қўлланилади (154-расм). Координата бошини қўрсатилган нуқтага келтириб, танланган ўклардаги кучланганлик векторлари проекцияларининг йигиндисини аниқланади:

$$\begin{aligned} E_x &= E_{1x} + E_{2x} + F_{3x}, \\ E_y &= E_{1y} + E_{2y} + F_{3y}, \end{aligned}$$

унда барча вектор йигиндиларининг модули қўйида-гига тенг:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}.$$

### Жавоби қандай?

- Нега электр майдонининг куч чизиклари кесишмайди?
- Нега электр майдонига киритилган енгил зарядланмаган жисмлар, шу майдонни ҳосил қилган зарядли жисмларга тортиласди?
- Нега бир жинсли майдонга киритилган нуқтавий заряд вазијатини ўзгариши унга таъсир этувчи куч қимматини ўзгартирумайди?

### МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Ромб диагоналлари  $d_1 = 96$  см ва  $d_2 = 32$  см. Узун диагонал учларида  $q_1 = 64$  нКл ва  $q_2 = 352$  нКл зарядлар, қисқа диагонал учларида  $q_3 = 8$  нКл,  $q_4 = 40$  нКл зарядлар жойлашган. Ромбнинг қисқа диагоналига нисбатан ромб марказидаги электр майдони кучланганлигининг модулини ва йўналишини аниқланг.

**Берилган:**

$$\begin{aligned} d_1 &= 96 \text{ см} \\ d_2 &= 32 \text{ см} \\ q_1 &= 64 \text{ нКл} \\ q_2 &= 352 \text{ нКл} \\ q_3 &= 8 \text{ нКл} \\ q_4 &= 40 \text{ нКл} \\ E - ? \quad \alpha - ? \end{aligned}$$

**Ечиш:**

$q_1, q_2, q_3, q_4$  зарядлари ҳосил қилган майдон кучланганликларининг ромб марказидаги векторларини чизиб қўрсатайлик (расмни қаранг). Электр майдонининг кучланганликларининг модуллари қўйида-гига тенг:

$$E_1 = \frac{4kq_1}{d_1^2}, \quad E_2 = \frac{4kq_2}{d_1^2}, \quad E_3 = \frac{4kq_3}{d_2^2}, \quad E_4 = \frac{4kq_4}{d_2^2}.$$

Суперпозиция принципи асосида бундай ёзамиш:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4.$$

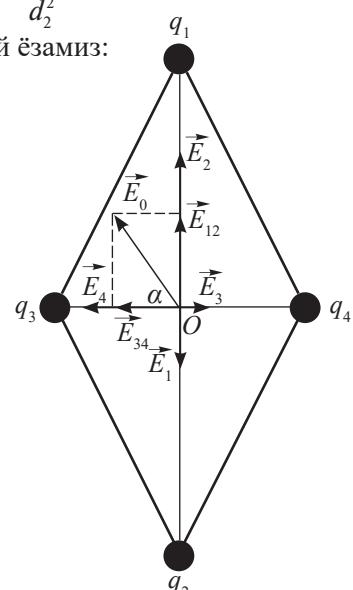
Кучларни бир-бирига қўшиб, Пифагор теоремаси бўйича ромб марказидаги майдон кучланганлигининг модулини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} E &= \sqrt{(E_2 - E_1)^2 + (E_4 - E_3)^2} = \\ &= \left( \frac{4k}{d_1^2 d_2^2} \right) \sqrt{(q_2 - q_1)^2 d_2^4 + (q_4 - q_3)^2 d_1^4} = 15,9 \text{ кВ/м}. \end{aligned}$$

Шу кучланганлик йўналиши ва қисқа диагонал орасидаги бурчак ушбу формуладан аниқланади:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{E_2 - E_1}{E_4 - E_3} = \frac{(q_2 - q_1)d_2^2}{(q_4 - q_3)^2 d_1^2} = 1, \text{ яъни } \alpha = 45^\circ.$$

**Жавоби:**  $E = 15,9$  кВ/м;  $\alpha = 45^\circ$ .



## Назорат саволлари

1. Электр майдони деганимиз нима?
2. Зарядларнинг ўзаро таъсирлашувини тушунтиришдаги яқиндан таъсир этиш ва олисдан таъсир этиш назарияларининг фарқлари нимада?
3. Электр майдонининг кучланганлиги деганимиз нима? У қандай аниқлади? У қандай йўналган?
4. Майдонларнинг суперпозиция принципи деганимиз нима?
5. Қандай майдонни бир жинсли деб аталади? Қандай майдон бир жинсли эмас?



## Машқ

29

1. Электрон кучланганлиги  $10 \text{ В/м}$  майдонда қандай тезланишда ҳаракатлади?
2. Ҳар бири  $0,1 \text{ мкКл}$  зарядлар бир-биридан  $6 \text{ см}$  масофада жойлашган. Ҳар бир зарядлан  $5 \text{ см}$  масофадаги нуқтадаги электр майдонининг кучланганлигини топиш керак. Шу масалани қуидаги холлар учун ёчинг:
  - а) иккала заряд ҳам мусбат;
  - б) биринчи заряд мусбат, иккинчиси манфий.
3. Ипак ипга осилган зарядланган металл шарни бир жинсли электр майдонига киритилди. Ип вертикалдан  $45^\circ$  бурчакка оғди. Шардан унинг зарядининг  $0,1$  кисми оқиб чиқиб кетса, ипнинг оғиш бурчаги қандай ўзгаради? Майдоннинг кучланганлик чизиқлари горизонтал йўналган.
4. Агар нуқтавий заряддан  $20 \text{ см}$  масофадаги майдон кучланганлиги  $4 \cdot 10^{-4} \text{ В/м}$  бўлса, унда шу нуқтавий заряддан  $2 \text{ м}$  масофадаги нуқтадаги электр майдони кучланганлигини топинг. Шу билан бирга майдонни ҳосил қилган заряд катталигини ҳам аниқланг.
5.  $q_1 = q_2 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$  ва  $q_2 = -8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$  уч зарядни томонлари  $a = 30 \text{ см}$  учбурчак учларига жойлаштирилди. Учбурчак марказидаги майдон кучланганлигини аниқланг.

## 30§. Электр майдонининг кучланганлик векторининг оқими. Гаусс теоремаси

### Кутиладиган натижаба:

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

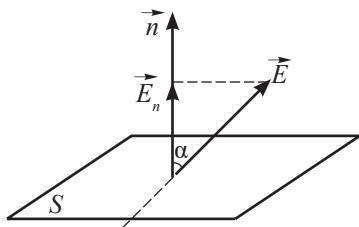
- Зарядланган чексиз текисликнинг, шарнинг, сферанинг ва чексиз узун ипнинг электр майдони кучланганлигини аниқлаш учун Гаусс теоремасидан фойдаланиши ўрганасиз.

### Эсада сақланг!

Сирт текис эмас ёки майдон бир жинсли эмас бўлган ҳолда кучланганлик векторининг оқимини аниқлаш учун сирт кичик қисмларга бўлинади, энди уларни текис ва ҳар бирини чегарасида майдон бир жинсли деб хисоблашга бўлади.

Шундан сўнг  $S_i$  кичик юзлар орқали кучланганлик векторининг  $\Phi_i$  элементар оқимлари топилади.

Сирт орқали ўтувчи тўла оқим унинг барча қисмларидаги элементар оқимларнинг йигиндисига тенг (2-формула).



155-расм. Нормал ташкил этиувчи кучланганлик чизигининг йўналиши ва нормал орасидаги бурчакка боғлиқ

### I Электр майдонининг кучланганлик оқими

Юзи  $S$  ясси сирт кучланганлиги  $\vec{E}$  бир жинсли электр майдонида жойлашган (155-расм).  $n$  вектори – сиртга нормал, кучланганлик чизиклари ва нормал орасидаги бурчак  $\alpha$ -га тенг.

Кучланганлик векторининг оқими кучланганлик векторининг нормал ташкил этиувчисини сирт юзига кўпамасига тенг:

$$\Phi_E = E_n S = E S \cos \alpha, \quad (1)$$

бу ерда  $\Phi_E$  – кучланганлик векторининг оқими.

Бир жинсли эмас майдон учун кучланганлик оқими келаси формула орқали аниқланади:

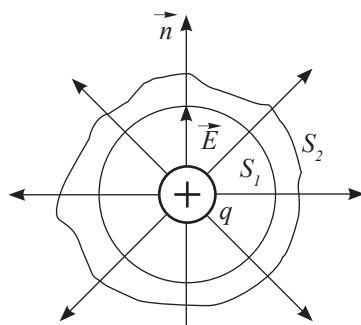
$$\Phi_E = \sum_{i=1}^n \Phi_{Ei} = \sum_{i=1}^n E_i S_i \cos \alpha_i \quad (2)$$

### II Нуқтавий заряднинг кучланганлик оқими

Нуқтавий заряд майдонининг кучланганлик оқимини сферик  $S_1$  сирт орқали аниқлайлик (156-расм), бунинг учун (2) формуладан фойдаланамиз.

Нуқтавий заряд майдонининг кучланганлик вектори радиус бўйлаб йўналган, демак, у сферик сиртга перпендикуляр ва унинг ташки нормали билан  $\alpha = 0$ ,  $\cos \alpha = 1$  бурчак остида жойлашган. Нуқтавий заряд майдонининг кучланганлиги сферанинг исталган нуқтасида бир қийматга эга бўлади ва келаси формула билан аниқланади:

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



156-расм.  $S_1$  ва  $S_2$  сиртлар орқали ўтадиган кучланганлик оқими бирдай

бу ерда  $r$  – сферанинг радиуси. Кучланганликнинг  $\Phi_E$  оқимини сферанинг  $S = 4\pi r^2$  юзи орқали бундай ифодалашга бўлади:

$$\Phi_E = \sum_{i=1}^n \Phi_{Ei} = E \sum_{i=1}^n S_i = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (3)$$

*Олинган ифодага қараб, кучланганлик оқимининг берк сиртнинг юзига боғлиқ эмаслигини кузатиш мумкин. У сирт ичида жойлашган зарядлар ва мұхитнинг диэлектрик сингидирудчанлиги орқали аниқланади.* Демак, исталган  $S_2$  сирт орқали ўтадиган кучланганлик оқимининг қиймати  $S_1$  сферик сирт орқали ўтадиган оқимнинг қиймати билан бирдей бўлади (154-расм).

*Сфера радиусини орттирганда куч чизиқларининг зичлиги ва электр майдонининг кучланганлиги камаяди.*

Берк сиртнинг юзасида жойлашган заряд кучланганлик оқими нолга тенг, сабаби у сиртни икки марта кесиб ўтиши орқали қарама-қарши ишорага эга бўлади.

### III Гаусс теоремаси

Агар берк сирт ичида бир эмас бир неча нүктавий заряд жойлашса ёки у бирор сиртда ёки ҳажмда таралса, унда олинган (3) ифода суперпозиция принципи асосида қўйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\Phi_E = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\epsilon_0} \quad (4)$$

*Кучланганлик оқими сиртнинг шаклига ва унинг ичидаги заряднинг жойлашишига боғлиқ эмас. У берк сиртнинг ичидаги барча зарядларнинг йигиндиси билан аниқланади:*

$$q = \sum_{i=1}^n q_i .$$

Олинган муносабатни немис математиги Карл Фредрих Гаусс аниқлаган, шунинг учун Гаусс теоремаси деб аталади:

**Исталган берк сирт орқали ўтадиган кучланганлик оқими сирт ичидаги барча эркин электр зарядларининг алгебраик йигиндисини  $\epsilon_0$  кўпайтмасига бўлганига тенг.**

#### 1-топшириқ

- Ҳавода жойлашган зарядлари:  
 $q_1 = -2 \cdot 10^{-5}$  Кл,  
 $q_2 = 4 \cdot 10^{-5}$  Кл,  
 $q_3 = 4 \cdot 10^{-5}$  Кл  
 уч шарни ўз ичига олган сферик сирт орқали кучланганлик оқимини аниқланг.
- Агар сферанинг эллипсоид қилиб чўзсан, кучланганлик оқими ортадими, камаядими?
- Агар зарядларни сувга солсан, кучланганлик оқими қандай ўзгаради?
- Агар зарядланган жисмлар ҳавода бўлса, кучланганлик оқимини аниқланг.
- Агар зарядларни берк сирт юзасида жойлаштирасан, кучланганлик оқими қандай ўзгаради?

#### 2-топшириқ

- Ўтказгич шарнинг майдон кучланганлиги зарядланган сфера каби аниқланишини исботланг.

## IV Зарядланган шарнинг ва сферанинг майдон кучланганлиги

Радиуси  $R$  зарядланган сфера майдонининг кучланганлиги оқимини радиуси  $R_1 > R$  катта сфера орқали аниқлайлик (157-расм):

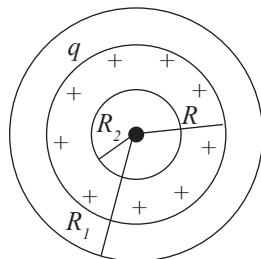
$$\Phi_E = E \cdot 4\pi R^2. \quad (5)$$

Олинган сирт ичидаги зарядланган сфера жойлашган, шунинг учун  $\Phi_E = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0}$ . Гаусс теоремасини қўллашга бўлади.

Гаусс тенгламаси билан бирга (5) тенгламани ечиб, зарядланган сфера майдонининг кучланганлигини қўйидагича ёзамиш:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1^2} \quad (6) \quad \text{ёки} \quad E = \frac{kq}{\epsilon R_1^2} \quad (7).$$

Зарядланган сфера майдонининг кучланганлигини хисоблаш формулалари нуктавий заряд кучланганлигини хисоблаш формулалари каби эканлигини кўринади.  $R_2 < R$  радиуси кичик сфера учун майдон кучланганлиги нолга тенг. Бу сиртнинг ичидаги заряд йўқ, демак  $\Phi_E = 0$ .

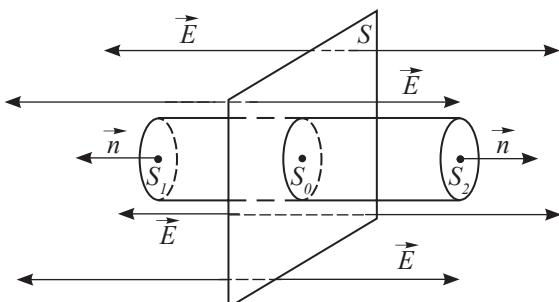


**157-расм.** Зарядланган радиусли сферанинг ичидаги майдон йўқ  $E = 0$ . Сферадан ташқарида майдон кучланганлиги сферанинг марказида жойлашган нуктавий-зарядники каби аниқланади

## V Бир текис зарядланган чексиз текисликнинг майдон кучланганлиги

Чексиз текисликнинг электр майдонининг куччиликлари унинг сиртига перпендикуляр (158-расм). Кулон кучининг таъсирида унинг сиртидаги заряд сирт зичлик билан бир текис тақсимланади:

$$\sigma = \frac{q}{S}. \quad (8)$$



**158-расм.** Чексиз текисликнинг майдон кучланганлиги фазонинг барча нуктасида бирдай қийматга эга бўлади.

Майдон бир жинсли

$q = \sigma S_0$  зарядни ва  $S_0$  юзани танлаб олайлик ва шу заряд ҳосил қилган исталган берк сирт орқали ўтадиган кучланганлик оқимини аниқлайлик. Ён сирти кучланганлик векторига параллел бўлган цилиндрик юзани танлаб оламиш. Шу тариқа ён сирт орқали ўтадиган оқимларни чиқариб ташлаймиз ва масалани ечиш цилиндрнинг  $S_1$  ва  $S_2$  асослари орқали ўтадиган кучланганлик оқимини топишга келтирилади. Кучланганлик вектори ва цилиндр асосига ўтказилган нормал йўналиши мос келади.

### Жавоби қандай?

- Нега зарядланган сферанинг ичидаги майдон кучланганлиги нолга тенг?
- Нега чексиз зарядланган пластинага яқин жойлашган зарядга таъсир этувчи куч уларнинг масофасиiga боғлиқ эмас?
- Нега ўлчами кичкина зарядланган пластиналарнинг майдони бир жинсли эмас?

$\Phi_E = E_n \cdot 2S$  ва  $\Phi_E = \frac{q}{\varepsilon \varepsilon_0}$  Тенгламаларни биргаликда ечиб, зарядланган пластина электр майдонининг кучланганлигини ҳисоблаш формуласини ҳосил қиласиз:

$$E = \frac{q}{2\varepsilon \varepsilon_0 S} \quad (9)$$

ёки

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon \varepsilon_0} \quad (10).$$

Олинган формуладан зарядланган чексиз текислик майдонининг кучланганлиги ундан исталган масофада доимий эканлигини кўрамиз, пластиининг электр майдони эса бир жинсли.

## VII Бир текис зарядланган чексиз ипнинг (цилиндрнинг) майдони

Радиуси  $R$  чексиз ип бир текис зарядланган бўлсин (160-расм). Заряднинг чизиқли зичлиги  $\tau = \frac{\Delta q}{\Delta l}$ , бу ерда  $\Delta q$  – узунлиги  $\Delta l$  бўлган ип қисмидаги заряд. Узунлиги  $l$  ип зарядини чизиқли зичлик орқали ифодалайлик:

$$q = \tau \Delta l \quad (11)$$

Кучланганлик чизиқлари ип сиртига перпендикуляр, улар радиал чизик бўйлаб йўналган. Цидиндрин шаклдаги берк юзани танлаб олайлик, унинг ўқи билан мос тушади. Юзи  $S = 2\pi r l$  цилиндрнинг ён сирти орқали ўтадиган оқим:

$$\Phi_E = ES = E 2\pi r l \quad (12)$$

Гаусс теоремаси ва (11) билан (12) формулаларни фойдаланиб, кўйидаги ифодани оламиз:

$$E \cdot 2\pi r \cdot l = \frac{\tau \cdot l}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0},$$

бундан зарядланган чексиз ипнинг ҳосил қилган майдон кучланганлигини ифодалаймиз:

$$E = \frac{\tau}{2\pi \varepsilon \varepsilon_0 r},$$

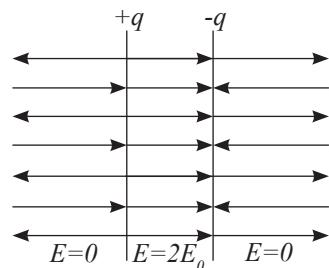
бу ерда  $r$  – ип (цилиндр) ўқидан берилган нуқтагача масофа. Ўтказгич ипнинг ичидаги майдон йўқ.

### 3-топшириқ

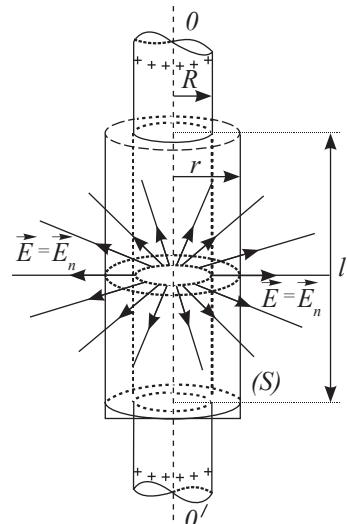
1. Турли ишорали зарядланган пластиналар орасида майдон кучланганлиги 2 марта ортишини исботланг (159-расм):

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon \varepsilon_0}.$$

2. Икки пластиининг сиртидаги майдон кучланганлиги нолга тенг  $E = 0$  эканини исботланг (159-расм).



**159-расм.** Икки чексиз текислик ҳосил қилган электр майдони пластиналар орасидаги фазода тўпланади



**160-расм.** Кучланганлик векторлари ён сирт орқали нормал билан ҳар бир нуқтада нолга тенг бурчак ҳосил қиласади

### 4-топшириқ

Гаусс теоремасидан фойдаланиб, электр майдони кучланганлигини ҳисоблаш формуласини келтириб чиқариш аплгоритмини тузинг.



## 5-топширик

Цилиндрнинг юқори ва қуий сиртидан ўтувчи кучланганлик оқими нолга тенг эканлигини исботланг (158-расм).

### Назорат саволлари

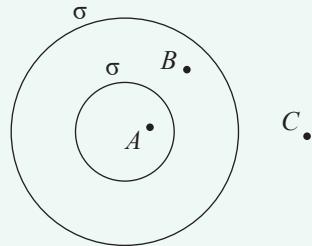
- Элементар юза орқали ўтувчи майдон кучланганлиги оқими қандай аниқлади?
- Кучланганлик оқими нимани характерлайди?
- Гаусс теоремасининг маъноси қандай?



### Машқ

30

- Ичидаги  $q_1 = 15 \text{ нКл}$ ,  $q_2 = -25 \text{ нКл}$  ва  $q_3 = 1 \text{ нКл}$  зарядлар жойлашган кубнинг ён сирти орқали ўтадиган кучланганлик оқимини аниқланг.
- Зарядланган радиуси  $r$  ўтказгич шар радиуси  $R$  металл тўрнинг ичидаги жойлашган (161-расм). Шар марказидан  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$  масофада жойлашган  $A$ ,  $B$ ,  $C$  нукталардаги кучланганлик кийматларини аниқланг. Шар ва тўрдаги зарядларнинг сирт зичликлари  $\sigma$ .
- Радиуси  $R$  ўтказгич сфера сирт зичлиги  $\sigma$  бўлган зарядланган, ички радиуси  $R_1$ , ташқи радиуси эса  $R_2$  ўтказгич сфера билан ўралган. Майдон кучланганлигининг  $r$  га боғланишини топинг ва шу боғланиш графигини ясанг.
- Зарядланган икки параллел пластиналарнинг сирт зичликлари  $-\sigma$  ва  $+\sigma$ -га тенг. Пластиналар орасидаги масофа  $d$ -га тенг. Агар  $X$  ўқи пластиналар текислигига перпендикуляр ўтказилса, майдон кучланганлигининг  $X$  координатага боғликлек эгри чизигини чизинг.
- Зарядланган катта пластиналарнинг марказидаги майдон кучланганлиги  $E = 10^{-4} \text{ В/м}$ . Кучланганлик чизиклари пластиналарга қараб йўналган. Агар пластина бир текис зарядланган бўлса, пластиналарнинг сирт зичлиги қандай?
- Ипда массаси  $m = 20 \text{ г}$  ва заряди  $q = 10^{-6} \text{ Кл}$  шарча осилиб турибди. Агар ипнинг таранглик кучини икки марта камайтирсак, унда шарча остидаги горизонтал пластиналарга берилган зарядларнинг сирт зичлиги нимага тенг бўлади?



161-расм. 2-масалага

## 31§. Зарядни күчиришда электр майдонининг иши. Электр майдонининг потенциали ва потенциаллар айирмаси

### Куттиладиган натижага:

Бу параграфни ўзлаштиргандай:

- нуктавий заряднинг электр майдони потенциали ва ишини ҳисоблай оласиз.

Электр майдонига киритилган зарядга куч таъсир этади, у заряднинг ҳаракати таъсирида юзага келади. Бир жинсли ва бир жинсли эмас майдонларда заряднинг күчиш ишини аниқлайлик.

### I Бир жинсли майдондаги зарядни күчиришда майдоннинг иши

Мусбат заряд  $q$  зарядланган пластиналарнинг электр майдони кучлари таъсирида бир пластиналарнинг  $A$  нуктасидан иккинчи пластиналарнинг  $B$  нуктасига кўчсин деб олайлик, пластиналарнинг оралиги  $d$  (162-расм). Заряд кўчганда майдоннинг бажарган иши куйидагига teng бўлади:

$$A = FS \cos\alpha$$

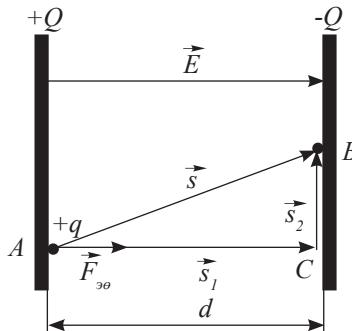
$F = qE$ ,  $S \cos\alpha = d$  эканини ҳисобга олсак, ушбу ифодани оламиз:

$$A = qEd. \quad (1)$$

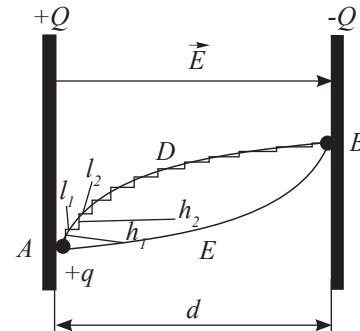
Заряднинг  $ADB$  чизиги бўйлаб кўчишини қарайлик (163-расм). Заряд ҳаракатланган исталган траекторияни кичик қисмларга, горизонтал  $l_1, l_2, \dots, l_n$ , ва вертикаль  $h_1, h_2, \dots, h_n$  йўлларга бўлиб қараш мумкин. Горизонтал қисмларни қўшиб  $l_1 + l_2 + \dots + l_n = d$  ни оламиз, бундан йўлнинг горизонтал қисмларидаги иш:

$$A = qEd.$$

Йўлнинг вертикаль қисмларидаги иш нолга teng, сабаби куч вектори ва кўчиш вектори орасидаги бурчак  $90^\circ$ -га teng, яъни  $\cos 90^\circ = 0$ .



162-расм. Бир жинсли электр майдонининг иши ҳаракат траекториясига боғлиқ эмас



163-расм. Берк контур бўйлаб электр майдонининг иши нолга teng

«Заряднинг бир нуктадан иккинчи нуктага кўчишида бажарилган иши ҳаракат траекториясига боғлиқ эмас. У факат шу нукталарнинг майдондаги вазиятигагина боғлиқ бўлади».

Биз аввал гравитацион майдон учун олинган хulosага келдик.

## II Зарядланган жисмнинг бир жинсли электр майдонидаги потенциал энергияси

$ADBEA$  берк контур бўйлаб ҳаракатланадиган зарядни қарайлик (164-расм). Жисм  $B$  нуқтадан  $A$  нуқтага томон ҳаракатланганда, горизонтал қисмлардаги куч ва кўчиш орасидаги бурчак  $180^\circ$ , демак,  $\cos\alpha = -1$ . Электр майдони манфий иш бажаради:  $ABEA = -qEd$ . Берк контур  $ADBEA$  бўйича бажарилган иш нолга тенг:  $A = AADB + ABEA = qEd - qEd = 0$ .

Жисмнинг берк контур бўйлаб кўчганда бажарган иши нолга тенг бўлган майдонларни потенциал майдонлар деб аталади.

Бундай майдонларга гравитацион майдон ва кўзгалмас заряд ҳосил қилган электр майдони киради. Потенциал майдон ишини жисмнинг потенциал энергиясининг ўзгариши бўйича аниқлашга бўлади:

$$A = -(W_{p^2} - W_{p^1}). \quad (2)$$

$A$  ва  $B$  нуқталар пластинадан  $d_1$  ва  $d_2$  масофада жойлашган исталган нуқталар бўлсин (164-расм).  $d$  кесмани шу масофалар орқали ифодалайлик:  $d = d_1 - d_2$ , шунда

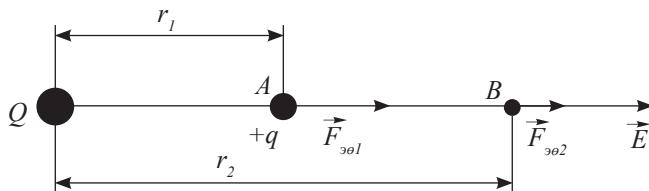
$$A = -(qEd_1 - qEd_2). \quad (3)$$

(2) ва (3) формулаларидан бир жинсли майдонидаги зарядланган жисмнинг потенциал энергияси куидагига тенг эканлиги келиб чиқади:

$$W_p = qEd. \quad (4)$$

## III Бир жинсли эмас электр майдонидаги заряднинг кўчиши иши

$Q$  мусбат заряд ҳосил қилган майдоннинг куч чизиқлари бўйлаб  $q$  заряди  $A$  нуқтадан  $B$  нуқтага кўчди дейлик (165-расм).



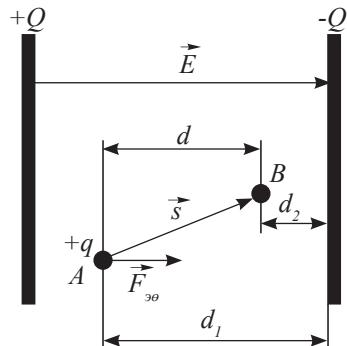
165-расм.  $Q$  заряди ҳосил қилган майдонда  $q$  заряд кўчганда электр майдонининг иши

Зарядни кўчирадиган куч масофанинг квадратига тескари пропорционал:

$$F_A = \frac{kQq}{\varepsilon \cdot r_1^2}, \quad F_B = \frac{kQq}{\varepsilon \cdot r_2^2}$$

ва ўзгарувчан катталик ҳисобланади. Бир жинсли эмас гравитацион майдон билан ўхшашибдан фойдаланиб, электр майдонининг заряд кўчгандаги бажариладиган ишини ҳисоблаш формуласини ёзайлик:

$$A = F(r_1 - r_2) = \frac{kqQ}{\varepsilon \cdot r_1} - \frac{kqQ}{\varepsilon \cdot r_2}. \quad (5)$$



164-расм.  $A$  ва  $B$  нуқтадаги электр майдонининг масофасини аниқлаш

Олинган ифодадаги

$$W_p = \frac{kQq}{\varepsilon \cdot r} \quad (6)$$

күзгалмас  $Q$  заряднинг электр майдонидаги  $q$  заряднинг потенциал энергияси ёки диэлектрик сингдирувчанлиги  $\varepsilon$  бўлган фазодаги  $Q$  ва  $q$  нуктавий зарядларининг  $r$  масофадаги ўзаро таъсирлашиш энергияси.

Зарядланган жисмнинг бирор нуқтадаги потенциал энергияси зарядни майдоннинг шу нуқтасидан чексизликка кўчиришида бажарилган ишга teng.

(6) ифодани (5) ифодага қўйиб, ушбуни оламиз:

$$A = -(W_{p_2} - W_{p_1}). \quad (7)$$

Бир жинсли эмас электр майдонида зарядни кўчиришдаги иш зарядланган жисмнинг манфий ишора билан олинган потенциал энергияси ўзгаришига teng.

#### IV Бир жинсли электр майдонининг потенциали

Майдон потенциали заряднинг потенциал энергиясининг шу зарядга нисбатига teng:

$$\varphi = \frac{W_p}{q}. \quad (8)$$

У мусбат ёки манфий қийматга эга бўлиши мумкин.

**Майдон потенциаллари айрмасининг физик маъноси бор, у орқали зарядни кўчиришда майдоннинг бажарган иши ифодаланади.**

Бир жинсли электр майдони учун нуқта майдоннинг потенциали қуйидагига teng:

$$\varphi = \frac{qEd}{q} = Ed. \quad (9)$$

(9) ифодани (2) ифодага қўйиб, нуқтанинг бошланғич ва охирги потенциаллари орасидаги боғланишни оламиз:

$$A = -(q\varphi_2 - q\varphi_1) \text{ ёки } A = -q(\varphi_2 - \varphi_1). \quad (10)$$

#### V Нуқтавий заряд ҳосил қилган бир жинсли эмас электр майдонининг потенциали

(6) ва (8) формулаларни қўллаб, нуқтавий заряднинг майдон потенциалини ифодалайлик:

$$\varphi = \frac{kQ}{\varepsilon \cdot r} \quad (11)$$

бу ерда  $Q$  – майдонни ҳосил қилган нуқтавий заряд.



#### Эсда сақланг!

Бир жинсли эмас электр майдонининг зарядни кўчириш иши:

$$A = \frac{kQq}{\varepsilon \cdot r_1} - \frac{kQq}{\varepsilon \cdot r_2}$$



#### Эсда сақланг!

**Майдон потенциали – майдоннинг энергетик характеристикаси.**

У берилган майдоннинг бирор нуқтасига кири-тилган мусбат заряднинг потенциал энергиясини характеристлайди.

Потенциалнинг ўлчов бирлиги:

$$[\varphi] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В}$$



#### Эсга туширинг!

Майдоннинг икки нуқтасининг потенциаллари айрмаси кучланиш деб аталади  $U$ :

$$U = (\varphi_1 - \varphi_2).$$

Майдон иши ва кучланиши боғловчи муносабат:

$$A = qU.$$

## VI Бир неча нүктавий заряд ҳосил қылган майдон потенциали

Бир неча нүктавий заряд ҳосил қылган майдон потенциали уларнинг ҳар бирининг потенциалларининг алгебраик йигиндисига тенг:

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_n. \quad (12)$$

Тенглама майдонларнинг энергетик характеристикалари учун суперпозиция принципининг ифодаси хисобланади. Мусбат заряд майдонининг потенциали – мусбат, манфий зарядники – манфий.

## VII Потенциал энергияни ҳисоблаш учун нолинчи сатҳни танлаш

Зарядланган жисмларнинг ўзаро таъсирлашишининг потенциал энергияси зарядларнинг бирини чекизликка узоқлаштирилганда нолга интилади. Назарий хисоблашларда потенциалнинг ноль нүктаси сифатида чексиз узоқдаги нүкта олинади. Амалий масалаларни ечишда майдон нүкталари орасидаги потенциалдар айрмаси катта қыйматларга эга бўлади. Потенциаллар айрмасининг қыймати нолинчи сатҳни танланишига боғлиқ эмас. Ҳисоблашлар учун қулай фазонинг исталган нүктаси нолинчи сатҳ бўла олади. Электротехникада потенциалнинг нолинчи сатҳи сифатида Ернинг исталган нүктасини олишга бўлади.

### МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Радиуси  $R = 20$  см-га тенг юпқа деворли металл сферанинг ичидаги радиуси  $r = 10$  см-га тенг металл шар жойлашган. Шар сферадаги тешик орқали ингичка узун ип билан Ерга уланган. Ташки сферада  $Q = 10^{-8}$  Кл заряд жойлашган. Шу сферанинг оғ потенциалини топинг.

**Берилган:**

$$R = 20 \text{ см}$$

$$r = 10 \text{ см}$$

$$Q = 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$\epsilon = 1$$

$$\phi - ?$$

**Ечиш:**

Зарядланган сферанинг барча нүкталарининг потенциали унинг сиртидаги потенциалга тенг:  $\phi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ .

Ер билан уланган ички шарда  $\phi_0 = 0$ , у қарама-қарши  $q$  зарядга индукцияланади. Ички шарнинг потенциали  $q$  ва  $Q$  зарядлари ҳосил қылган майдонларнинг потенциалларининг йигиндисига тенг:

$$\phi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{Q}{R} - \frac{q}{r} \right). \quad (1)$$

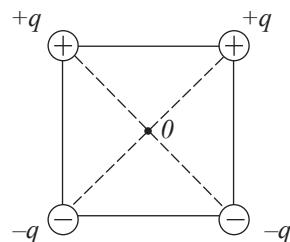
$\phi_0 = 0$  бўлганидан, (1) тенгламадан келаси ифодани оламиз:

$$q = \frac{Qr}{R}. \quad (2)$$

Катта сферанинг сиртида индукцияланган заряд билан бирга олганда потенциал қўйидагига тенг бўлади:  $\phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{Q}{R} - \frac{q}{R} \right) = \frac{Q - q}{4\pi\epsilon_0 R}$

### 2-топширик

Квадратнинг учларида жойлашган модуллари тенг зарядлар ҳосил қылган майдоннинг О нүктадаги потенциалини аниқланг (166-расм). Агар барча заряднинг ишораси мусбат бўлса, шу нүктанинг потенциали қандай бўлади?



166-расм. Бир неча зарядлар учун суперпозиция принципи бажарилади

(2) формулага кўра, ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$\varphi = \frac{Q(R-r)}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = 225B.$$

**Жавоби:**  $\varphi = 225 B$ .

### Назорат саволлари

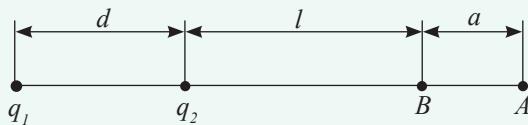
- Бир жинсли электр майдонида зарядни кўчиришдаги иш қандай аниқланади? Нуқтавий заряд майдонидачи?
- Қандай майдон потенциал майдон деб аталади?
- Бир жинсли майдонга киритилган заряднинг потенциал энергияси нимага тенг? Нуқтавий заряд майдонидачи?
- Электр майдонининг потенциали деб қандай катталикка айтилади?
- Бир неча заряд ҳосил қилган майдон потенциали қандай аниқланади?
- Майдон нуқталарининг потенциалини аниқлаганда нолинчи сатҳ сифатида нима олинади?



### Машқ

31

- $q_1 = 6,6 \cdot 10^{-9}$  Кл ва  $q_2 = 1,32 \cdot 10^{-8}$  Кл икки нуқтавий заряд бир-биридан  $r_1 = 40$  см масофада жойлашган. Уларни  $r_2 = 25$  см-гача яқинлатиш учун қандай иш бажариш керак?
- $q_1$  ва  $q_2$  икки нуқтавий зарядлар майдонидаги  $q$  заряд  $A$  нуқтасидан  $B$  нуқтасига кўчганда бажариладиган ишни аниқланг (167-расм).



167-расм. 2-масалага

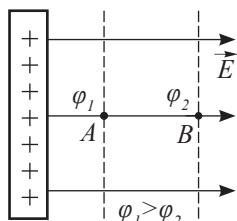
- Бир-биридан  $d = 1$  см масофада жойлашган икки вертикал пластина орасида массаси  $m = 0,1$  г зарядланган шар турибди. Пластиналарга  $U = 1000$  В кучланиши берилгач, ип ва шар  $\alpha = 10^\circ$  бурчакка оғди. Шарнинг  $q$  зарядини аниқланг.
- Симобнинг уч томчиси, мос ҳолда  $q_1 = 4 \cdot 10^{-12}$  Кл,  $q_2 = 5 \cdot 10^{-12}$  Кл ва  $q_3 = 6 \cdot 10^{-12}$  Кл зарядлар билан зарядланган. Радиуслари  $r_1 = 2$  мм,  $r_2 = 5$  мм,  $r_3 = 3$  мм бўлган бу томчилар бир катта томчига бириқди. Катта томчининг потенциалини аниқланг.
- $q_1 = 2 \cdot 10^{-8}$  Кл нуқтавий зарядни чексизликдан зарядининг сирт зичлиги  $S = 10^{-9}$  Кл/см<sup>2</sup>, радиуси  $r = 1$  см бўлган шар сиртидан  $d = 1$  см масофадаги нуқтага келтирилганда қандай иш бажарилади?

## 32§. Эквипотенциал юзалар. Бир жинсли электр майдони учун потенциаллар айрмаси ва кучланганлик орасидаги боғланиш

### Кутиладиган натижә:

Бу параграфни ўзлаштирғанда:

- масала ечишда электростатик майдоннинг күч ва энергетик характеристикаларини боғловчи формулаларни фойдалана оласиз;
- гравитацион ва электростатик майдоннинг күч ва энергетик характеристикаларини солиштира оласиз.



168-расм. Кучланганлик чизиқлари потенциали катта нүктадан потенциали кичик нүктага қараңыз бүнде

### I Эквипотенциал сиртлар

Бир жинсли электр майдонининг кучланганлиги – доимий катталиқ. 31-параграфда олинган формула бүйича:

$$\phi = Ed \quad (1)$$

сиртдан бирдай масофадаги барча нүкталарнинг потенциали төнг бўлади. Нүкталар зарядланган пластинага параллел текислиқда ётади.

**Барча нүкталарида майдон потенциали бирдай бўлган юзани эквипотенциал юзеб аталади.**

Кучланганлик чизиқлари эквипотенциал сиртга перпендикуляр бўлади (168-расм).

Бир жинсли майдоннинг эквипотенциал сиртлари деб, кучланганлик чизиқлари тўғри бурчак билан кесиб ўтадиган текисликларни айтамиз.

Нүктавий заряд ҳосил қилган майдон потенциали  $\phi = \frac{kQ}{\varepsilon \cdot r}$  га тенг, демак нүктавий заряднинг майдони учун эквипотенциал сирт сфера бўлади. 169-расмда мусбат  $Q$  нүктавий заряд ҳосил қилган бир жинсли эмас майдоннинг күч чизиқлари ва эквипотенциал сиртлари тасвиранган.

Кучланганлик вектори эквипотенциал сиртларга перпендикуляр бўлади.

Заряд эквипотенциал сирт бўйлаб кўчганда майдоннинг иши нолга тенг бўлади:

$A = q(\phi_1 - \phi_2) = q(\phi - \phi) = 0,$   
сабаби, эквипотенциал юзанинг барча нүкталари бирдай потенциалга эга.

### II Бир жинсли электр майдони учун потенциаллар айрмаси ва кучланганлик орасидаги боғланиш

Потенциалнинг майдон кучланганлиги билан боғланишидан фойдаланиб, бир жинсли электр майдонининг  $A$  ва  $B$  (168-расм) нүкталари орасидаги потенциаллар айрмасини аниқлайлик:

$$\phi_1 - \phi_2 = Ed_1 - Ed_2 = E(d_1 - d_2),$$



### 1-топшириқ

Кучланганлик векторлари эквипотенциал сиртларга перпендикуляр эканин (169-расм) исботланг;

Берк контур  $ABCDA$  бўйича иш нолга тенглигини исботланг.

бу ерда  $d_1$  ва  $d_2$  – электр майдоннинг  $A$  ва  $B$  нуқталаридан бошлаб, танлаб олинган нуқталарнинг мусбат томонида жойлашган нолинчи потенциал сатҳгача масофа.

$d_1 - d_2$  айирмани  $A$  ва  $B$  нуқталарининг орасидаги  $d$  масофага алмаштирайлик, шунда:

$$\begin{aligned}\varphi_1 - \varphi_2 &= Ed \\ U &= Ed.\end{aligned}$$

ёки

Майдон кучланганлиги ва майдон нуқталари кирадиган эквипотенциал сиртлар орасидаги масофа катта бўлгани сайин, улар орасидаги потенциаллар айирмаси ҳам катта бўлиши келиб чиқади.

### III Кучланганлик ва потенциал боғланиши

Мусбат зарядлар куч чизиқларининг йўналиши бўйича кўчганда майдон мусбат иш бажаради. Тескари йўналишдаги ҳаракатда майдон иши манфий бўлади. 168 ва 169-расмларни қарайлик. Бир жинсли майдоннинг нуқталари потенциали  $\varphi_2 = Ed$  формуласи ва бир жинсли эмас майдонда  $\varphi = \frac{kQ}{\varepsilon \cdot r}$  бўйича аниқланганидан, қуйидаги холосага келамиз:

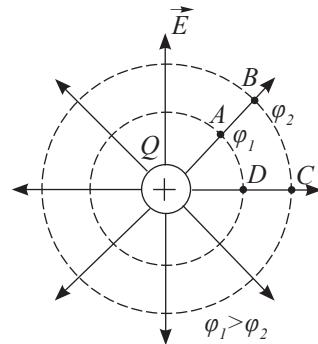
*Майдон кучланганлиги потенциали катта нуқтадан потенциали кичик нуқтага қараб йўналади.*

### IV Гравитацион ва электростатик майдонларнинг куч ва энергетик характеристикалари

Ер сирти атрофидаги гравитацион майдоннинг куч чизиқларини ва турли ишорали зарядланган пластиналар ҳосил килган бир жинсли электр майдонининг кучланганлик чизиқларини солиштирайлик (172-расм). Шунингдек, Ер радиуси билан солиштирса бўладиган масофадаги Ернинг гравитацион майдонининг куч чизиқлари билан манфий нуқтавий заряд ҳосил килган бир жинсли эмас майдонни солиштирайлик (173-расм).

Майдонларнинг асосий характеристикаларини ҳисоблаш формуласи билан куч чизиқларини солиштириш жадвалда берилган катталикларнинг ўхшашлигини аниқлашга имкон беради.

Гравитацион майдон ва электр майдони потенциал ёки консерватив майдон ҳисобланади. Берк контур бўйича консерватив кучларнинг иши нолга тенг. Иш жисмнинг ҳаракат траекториясига боғлиқ эмас, у жисмнинг бошлангич ва охирги пайтдаги ҳолатигагина боғлиқ.

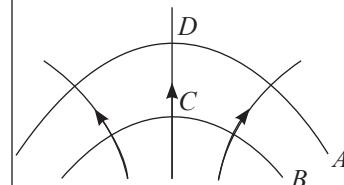


169-расм.  $Q$  нуқтавий заряд ҳосил қилган бир жинсли эмас майдоннинг кучланганлик чизиқлари ва эквипотенциал сиртлар

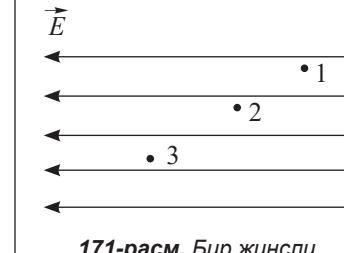


#### 2-топшириқ

1. 170 ва 171-расмлардан энг катта потенциалли нуқталарни кўрсатинг.
2. Қандай нуқталарда майдон кучланганлиги энг кичик бўлади?



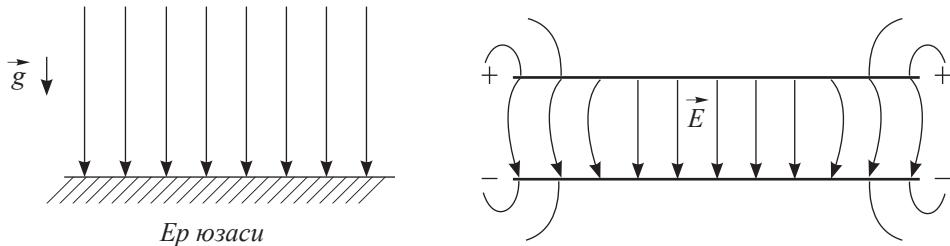
170-расм. Бир жинсли эмас майдоннинг куч чизиқлари ва эквипотенциал сиртлар



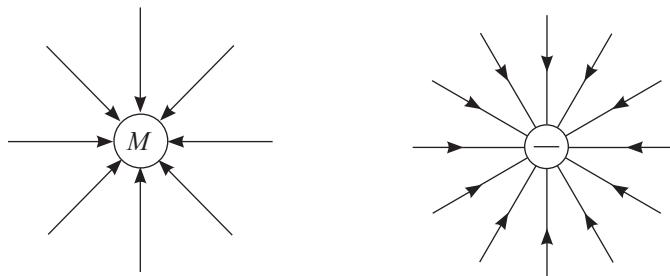
171-расм. Бир жинсли майдоннинг кучланганлик чизиқлари

Консерватив майдон күчларининг иши жисм потенциал энергиясининг камайиши билан аниқланади.

Консерватив майдонлар учун энергиянинг сақланиш қонуни бажарилади. Потенциал энергиянинг камайиши ҳаракатдаги жисмнинг кинетик энергиясининг ортишига олиб келади.



**172-расм.** Ер юзасидаги гравитацион майдоннинг ва турли ишорали зарядланган пластиналар орасидаги электр майдоннинг куч чизиқлари



**173-расм.** Ер радиуси билан солишилсиз бўладиган масофадаги Ернинг гравитацион майдони ва манғий нуқтавий заряд ҳосил қилган бир жинсли эмас майдоннинг куч чизиқлари

**11-жадвал.** Электр ва гравитацион майдонни характерловчи катталикларнинг ўйнашилиги

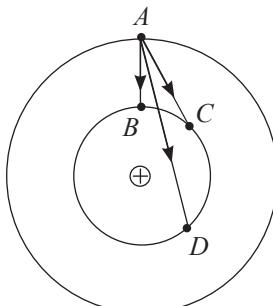
Физик катталиклар	Массаси т жисмнинг гравитацион майдони	Заряднинг электр майдони
Кучланганлик	$g$	$E$
гравитацион доимий	$G$	
пропорционаллик коэффициенти		$k$
масса	$m$	
заряд		$q$
потенциал	$gh$	$\varphi$
куч	$F=mg$	$F=qE$
бир жинсли майдоннинг потенциал энергияси	$W_p=mgh$	$W_p=qEd$
бир жинсли эмас майдоннинг потенциал энергияси	$W_p = \frac{GMm}{r}$	$W_p = \frac{kQq}{r}$

Физик катталиклар	Массаси т жисмнинг гравитацион майдони	Заряднинг электр майдони
<b>Майдон иши</b>	$A = -(W_{p2} - W_{p1})$	
<b>Бир жинсли майдоннинг иши</b>	$A = -mg(h_2 - h_1)$	$A = -qE(d_2 - d_1)$
<b>Бир жинсли эмас майдоннинг иши</b>	$A = -\left(\frac{GMm}{r_2} - \frac{GMm}{r_1}\right)$	$A = -\left(\frac{kQq}{r_2} - \frac{kQq}{r_1}\right)$



### 3-тотшириқ

q мусбат заряднинг A нуқтадан B, C, D нуқталарга кўчишида электр майдонининг бажара-диган ишларини таққосланг (174-расм).



174-расм. Нуқтавий заряд майдонида бошқа заряднинг кўчиши

### Назорат саволлари

- Эквипотенциал сирт деганимиз нима?
- Эквипотенциал сиртга нисбатан кучланганлик вектори қандай йўналган?
- Гравитацион ва электр майдонининг характеристикаларини солиштиринг.



### Машқ

32

- Бир жинсли майдоннинг бир кучланганлик чизигида ётган икки нуқтаси орасидаги кучланиш 2 кВ. Нуқталар орасидаги масофа 4 см деб олиб, кучланганликни аниқланг.
- Икки электрон орасидаги қулон итаришиш кучлари гравитацион тортишиш кучларидан неча марта катта?
- Кучланганлиги 60 кВ/м бўлган бир жинсли электр майдонида 5 нКл заряд 20 см кўчди. Кўчиш вектори куч чизиги йўналиши билан  $60^\circ$  бурчак ҳосил қиласди. Майдонни бажарган ишини, заряднинг потенциал энергияси ўзгаришини, кўчишнинг бошланғич ва охирги нуқталари орасидаги кучланишни аниқланг.
- Уч нуқтавий заряд  $q_1 = 2$  нКл,  $q_2 = 3$  нКл ва  $q_3 = -4$  нКл томонлари  $a = 10$  см бўлган тенг томонли учбурчакнинг учларида жойлашган. Бу системанинг потенциал энергиясини аниқланг.

## 33§. Электр майдонидаги ўтказгичлар ва диэлектриклар

### Күтиладиган натижә:

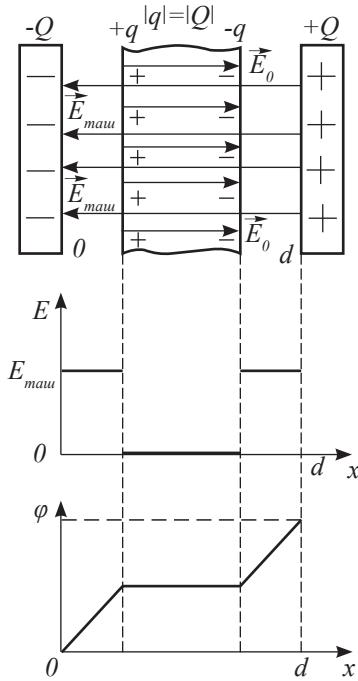
Бу параграфни ўзлаштирғанда:

- ўтказгичлардагы электростатик индукция ҳодисаси ва диэлектриклардагы күтбланиш ҳодисаларини қиёсий таҳлил қила оласиз.

### Эсса тушириң!

Ўтказгичлар – бу таркибида эркін заряд ташувчилари бор моддалар.

Диэлектриклар – бу таркибида эркін зарядланган зарралари йүқ моддалар.



175-расм. Бир жинсли электр майдонидаги ўтказгич пластина

### I Бир жинсли электр майдонидаги ўтказгич пластина

Бир жинсли электр майдонида жойлашган ўтказгичда (173-расм) эркін электронлар күч чизиклари бўйлаб силжийди. Таъсир орқали электрланиш боради: ўтказгич ичида индукцияланган зарядлардан юзага келган майдон пайдо бўлади. Унинг йўналиши ташқи майдонга қарама-карши, шунинг учун индукцияланган заряд майдон таъсирида электронларнинг ҳаракати секинлашади ва индукцияланган майдоннинг кучланганлиги ташқи кучланганликка тенглашганда тўхтайди. Суперпозиция принципига кўра, ўтказгич ичидағи кучланганлик ташқи ва индукцияланган майдон кучланганликларининг йиғиндинсига тенг:

$$\vec{E} = \vec{E}_{\text{mash}} + \vec{E}_0.$$

Векторлар йўналишини хисобга олсак:

$$E = E_{\text{таш}} - E_0 = 0.$$

Бу ўтказгич ичида электр майдони бўлмаслигини билдиради. Шу туфайли пластинада ташқи майдон ҳосил қилган зарядларнинг σ сирт зичлиги ўтказгич сиртида факат бир қийматга эга бўлади, сиртдаги зарядлар модуллари бўйича:  $|Q| = |q|$ .

### II Ўтказгич ичидағи ва унинг сиртидаги нуқталар потенциали

Ўтказгич сирти эквипотенциал бўлади, сабаби, кучланганлик векторлари ҳар доим ўтказгич сиртига перпендикуляр. Бир жинсли майдон учун ўтказгич сиртининг потенциалини қўйидаги формула бўйича аниқлайлик:

$$\varphi = Ed,$$

бу ерда  $d$  – сиртдан эркін танлаб олинган сатҳгача масофа, масалан, манфий зарядланган пластина билан ўтказгич сирти орасидаги масофа.

Ўтказгичнинг эркін танлаб олинган икки нуқтаси учун ушбу муносабат бажарилади:

$$\Delta\varphi = E\Delta d, \varphi_1 - \varphi_2 = E(d_1 - d_2).$$

Ўтказгич ичида  $E = 0$ , унда  $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$ , демак:

$$\varphi_1 = \varphi_2.$$

### Жавоби қандай?

1. Металларда электр зарядларини қандай зарралар ташийди?
2. Металнинг эркін зарралари ташқи электр майдони таъсирида қандай йўналишда ҳаракатланади?

Үтказгичнинг барча нүқталари потенциалларининг қийматлари бирдай бўлади. 175-расмда ичидаги үтказгич жойлашган бир жинсли электр майдони нүқталарининг координаталарида кучланганлик ва потенциалнинг тақсимланиши ва боғланиш графиклари берилган. Нолинчи сатҳ сифатида манфий зарядланган пластина танлаб олинган.

### III Электр майдонидаги үтказгичлар

Исталган үтказгичнинг сирти эквипотенциал юзаси бўлади.

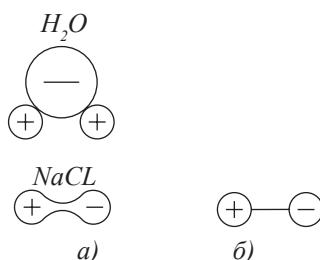
Куч чизиқлари эквипотенциал сиртга перпендикуляр бўлади (177-расм), улар сиртнинг учқур қисмлари атрофида қуюқлашади. Бу унинг учидаги заряд зичлиги кўпроқ эканлигини билдиради. Үтказгичнинг бундай қисмларида зарядлар атрофга «оқиши» мумкин. Үтказгичда зарядни сақлаб қолиш учун унинг сиртини текислаш лозим.

### IV Диэлектрикларда қутбланиш механизми

Диэлектриклар нейтрал атомлар ёки молекулалардан тузилган. Модданинг таркибига кўра уларни қутбли ва қутбсиз диэлектриклар деб ажратади.

**Молекулалардаги манфий ва мусбат зарядларнинг тақсимот марказлари бир-бiriiga нисбатан силжиса, унда уни қутбли диэлектрик деб аталади.**

Бу молекулалар диполни ҳосил қиласи (178-расм).



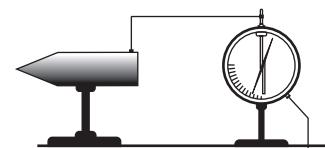
178-расм. а) диэлектрикларнинг молекулалари:

- қутбланган сувнинг, эриган тузнинг;
- б) диполни расмда тасвиirlаниши.

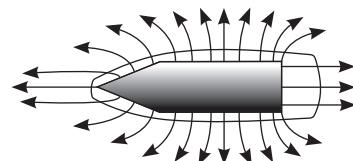
**Диполь – ўзининг хусусий майдонига эга, бир-бiriiga нисбатан силжий оладиган боғланган зарядлар системаси.**

### Ўз тажрибанг

Учи ўткирланган үтказгич цилиндрни зарядланг (176-расм). Электрометр ёрдамида Ерга нисбатан юзанинг барча нүқталарининг потенциалларини үтказгич сирти бўйлаб электрометрнинг кўзгалувчи контактини силжитиб аниқланг.



176-расм. Цилиндрик үтказгич сиртидаги нүқталар потенциалини аниқланг.



177-расм. Кучланганлик чизиқлари үтказгич сиртига перпендикуляр



### Жавоби қандай?

Нега кучланганлик век торлари үтказгич доим сиртига перпендикуляр йўналади?

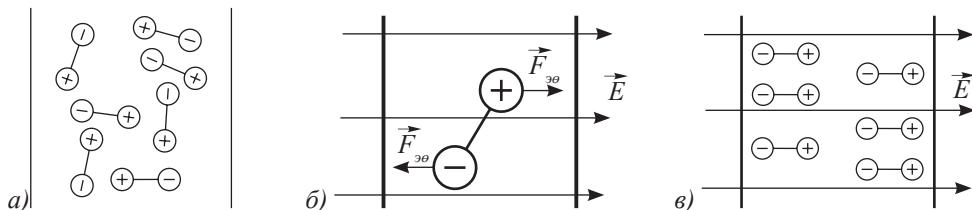
Электр майдонида диэлектриклар қутбланади.

**Электр майдонида жойлашган диэлектрикка зарядларнинг силжиш жараёни қутбланиш, диэлектрикни эса қутбланган деб аталади.**

Кутбли ва қутбсиз диэлектриклар учун қутбланиш жараёнининг фарқлари бор.

**1) Кутбли молекулалардан тузилган диэлектрикларнинг қутбланиши.**

Одатда, иссиқлик ҳаракат натижасида моддадаги молекулалар эркин йўналган бўлади, бундай диэлектрикнинг атрофида майдон бўлмайди (*179 а-расм*). Агар диэлектрикни ташқи майдонга киритсан, ҳар дипольга жуфт куч таъсир этади, натижада молекулалар бурилади, диполь ўқлари ташқи майдоннинг куч чизиклари бўйлаб жойлашади (*179 б, в-расм*), диэлектрик қутбланиши. Молекулаларнинг хусусий ўқларининг ташқи майдон билан суперпозицияланиши натижасида, диэлектрик ичидаги майдон кучланганлиги камаяди. Диэлектрикнинг исталган қисмида натижавий заряд нолга тенг бўлади. Бу вақтда диэлектрикнинг бир сиртида манфий зарядлар ортса, иккинчи сиртида мусбат зарядлар ортади.

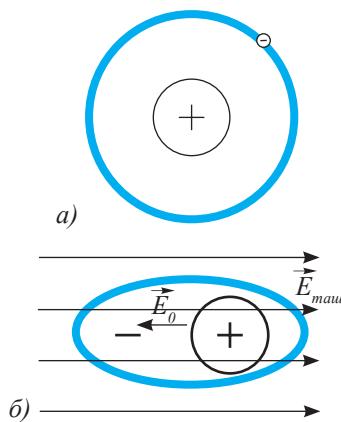


**179-расм. Кутбли диэлектрикларнинг қутбланиши**

**2) Кутбсиз диэлектрикларнинг қутбланиши.**

Кутбсиз диэлектриклар атомлардан тузилган. Ядро атрофида электронлар жуда тез айланганлигидан, атомдаги манфий зарядларнинг тақсимот марказини электрон булат маркази деб олишга бўлади. Натижада, манфий зарядларнинг тақсимот маркази ядронинг мусбат зарядининг маркази билан мос тушади (*180 а-расм*). Ташқи майдон таъсирида электрон қобиқча кучланганлик чизиклари бўйлаб тортилиб, чўзилади. Мусбат ва манфий зарядларнинг тақсимот марказлари бир-бирига нисбатан силжийди, диполь ҳосил бўлади, унинг  $\vec{E}_0$  майдони ташки  $\vec{E}_{man}$  майдонни заифлаштиради (*180 б) расм*).

Қаралаётган холда қутбланган диэлектриклар сиртида қарама-қарши ишорадаги зарядлар пайдо бўлади. Улар диэлектриклар бўйлаб ўтказгичдаги электрондар каби эркин қўча олмайди, шу сабабли уларни боғланган зарядлар деб аталади.



**180-расм. Кутбсиз диэлектрикларнинг қутбланиши.**



### Үз тажрибанг

- Фазодаги икки зарядланган металл пластиналар орасига навбат билан түрли диэлектрикларни киритинг (181-расм).
- Электрометр күрсатиши бүйича улар майдонга қандай таъсир этганини аниқланг.
- 12-жадвалга қараб диэлектрикларинг диэлектрик сингдирувчанликларини таққосланг, хулоса чиқаринг.

### V Бир жинсли электр майдонидаги диэлектриклар

Кутблаш натижасида диэлектрик ичидағи майдон кучланганлығи камаяди (182-расм). Майдонларнинг суперпозиция принципи асосида ёзамиз:  $\vec{E} = \vec{E}_{\text{сырт}} + \vec{E}_0$  ёки  $E = E_{\text{таш}} - E_0$ .

Мұхиттинг диэлектрик сингдирувчанлигининг қийматлари маълум бўлса, диэлектрик ичидағи майдон кучланганлығи:

$$E = \frac{E_{\text{сырт}}}{\epsilon}$$

182-расмда майдон кучланганлигининг икки зарядланган чексиз пластиналар орасидаги фазо нүқталари координаталарига боғлиқлик графиги берилган. Бир жинсли майдондаги нүқта потенциали кучланганлик билан куйидаги формула бўйича боғланишган  $\phi = Ed$ . (180 б-расм) графигида  $\phi$ -нинг  $d$ -га боғлиқлиги  $0x$  ўқига қия бурчак ҳосил қилган чизиқни беради, киялик бурчагининг тангенси эса майдон кучланганлигига teng:

$$tq\alpha_1 = \frac{\Delta\phi_1}{d_1} = E_{\text{сырт}}, \quad tq\alpha_2 = \frac{\Delta\phi_2}{d_2} = \frac{E_{\text{сырт}}}{\epsilon}.$$



### Жавоби қандай?

Ўтказгич юзасининг потенциалини ўлчашда нега электрометр корпусини өрга улаш керак?

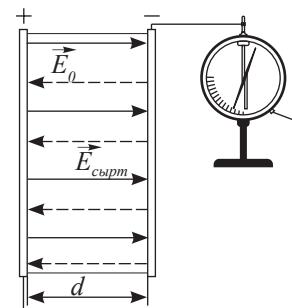


### Бу қизиқ!

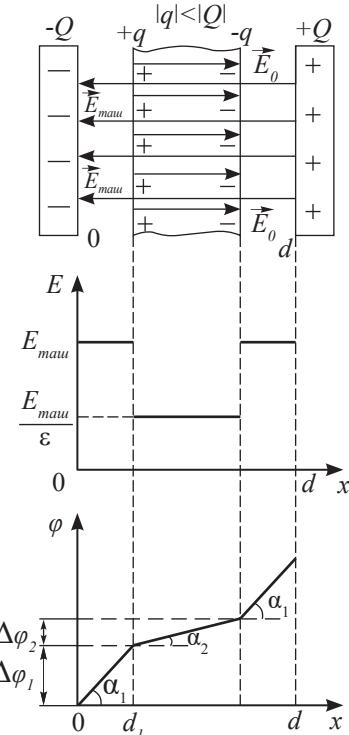
Электростатик ҳимоя

Фарадей биринчи бўлиб, металл тўрлар ва корпусларни электростатик ҳимоя сифатида фойдаланишни таклиф қилди. Ўтказгичларнинг хоссаларини ўрганиш тажрибаларидан бирида у кучланганлиги юқори бўлган майдонда турган, сирти фольга билан уралган куб ичига кирди. У электроскоп ёрдамида куб ичиде зарядни топа олмади. Электростатик ҳимоя электротехникада кенг қўлланилади. Ташқи майдонга сезгир асбобларнинг барчасида металл корпуси бўлади.

Иллюзионистлар ўтказгичларнинг бу хоссасидан атракционларда фойдаланишади, бу одамларда катта қизиқиш уйғотади (183-расм).



181-расм. Электр майдонига диэлектрикнинг таъсирини ўрганиш



182-расм. Бир жинсли электр майдонидаги диэлектрик



183-расм. Иллюзионист Д.Блейн, 10^6 В кучланниши таъсирида

## Назорат саволлари

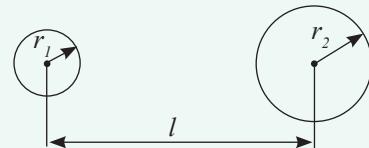
1. Электр майдонига киритилган ўтказгичнинг ичидаги майдон кучланганлиги нега нолга тенг?
2. Ўтказгичларнинг сирти нега эквипотенциал сиртлар бўлади?
3. Электр майдонига сезгир асбобларни қандай электростатик ҳимоя қилинади?
4. Ўтказгич ва диэлектриклар орасидаги асосий фарқни кўрсатинг.
5. Қутбланган диэлектрикнинг қутбланмаган диэлектрикдан фарқи қандай?
6. Қандай диэлектрикни қутбланган деб аталади? Қутбланган диэлектрик сиртидаги зарядларни нега боғланган деб аталади?
7. Ташқи майдонга киритилган диэлектрик ичидаги электр майдони нега камаяди, ўтказгичларда эса бутунлай йўқолади?



## Машқ

33

1. Бир-биридан яқин масофада жойлашган икки параллел металл пластиналарнинг бирига  $q = 4 \text{ нКл}$  заряд берилди. Иккинчи пластиинанинг ҳар томонларида қандай зарядлар индукцияланади? Пластина ичидаги майдон кучланганлиги қандай?
2. Марказлари  $l$  масофада жойлашган икки шарни ингичка сим билан улаганда, уларнинг ўзаро таъсиралиши кучининг ўзгаришини аниқланг (184-расм). Шарларнинг зарядлари  $q_1$  ва  $q_2 = 2q_1$ , шарларнинг радиуси  $r_1$  ва  $r_2 = 2r_1$ .
3. Керосиндан бир-биридан  $R = 10 \text{ см}$  масофадаги  $q_1 = 6,6 \text{ мкКл}$  ва  $q_2 = 1,2 \text{ мкКл}$  икки нуқтавий заряд қандай куч билан ўзаро таъсирашади? Ўзаро таъсиралиши кучи аввалгидай қолиши учун уларни вакуумда қандай масофада жойлаштириш керак?
4. Зарядланган шар мойга ботирилди. Ботирилгунча  $R = 40 \text{ см}$  масофада бўлган шарнинг ботирилгандан кейин кучланганлиги ўзгармай қолиши учун у мой ичидаги масофада жойлашиши керак?
5. Бир-бирига яқин масофада горизонтал икки катта пластиналар жойлашган. Пастки диэлектрик пластиинада заряди  $q = 20 \text{ мкКл}$  кичкина шар ётибди. Агар пластиналар орасидаги фазони зичлиги  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ , диэлектрик сингдирувчанлиги  $\epsilon = 2$  суюклик билан тўлдирсан, шарнинг оғирлиги қанчага ўзгаради? Шарнинг ҳажми  $V = 1 \text{ см}^3$ , юқоридаги мусбат зарядланган пластиинадан ҳосил бўлган электр майдонининг кучланганлиги  $E = 100 \text{ В/м}$ .



184-расм. 2-масалага

## Ижодий топширик

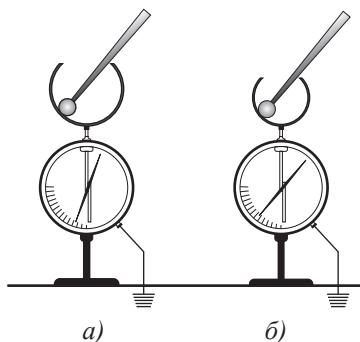
Бизнинг сайёранинг ҳосил қиласиган электр майдонининг асосий характеристикаларини ўрганинг. Қисқача доклад тайёрланг.

## 34§. Электр сиғими. Конденсаторлар. Конденсаторларни улаш

### Кутиладиган натижә:

Бу параграфни ўзлаштирғанды:

- конденсатор сиғимини унинг параметрларига боғлиқлигини ўргана оласиз;
- масала ечишда конденсаторларни параллел ва кетма-кет улаш формулаларидан фойдалана оласиз.



183-расм. Радиуси катта сферанинг электр сиғими катта бўлади.

### Эсга туширинг!

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

### Жавоби қандай?

Нега шарнинг сиғими сферанинг сиғими каби аниқланади:

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

### I Изоляцияланган ўтказгичлардаги электр сиғими

Эркин электронларнинг ҳаракатчанлигига боғлик ҳолда ўтказгичлардан заряд тўплагич сифатида фойдаланади. Улар тъисир орқали осон электрланади ёки электрланган жисмга уланганда ортиқча заряд тўплай олади. Тажрибалар орқали изоляцияланган ўтказгич ва унда йигилган заряд орасида тўғри пропорционал боғланиш борлиги аниқланди. Бирор сферага унинг ички сиртига синов зарядини бир неча марта теккизиш орқали  $q$  заряд берайлик. Ҳар теккизишда электрометр стрелкаси фақат маълум бир қийматга оғади (*185 а) расм*). Бунда заряд билан шар потенциали орасида тўғри пропорционал боғланиш мавжуд бўлади:

$$q = C\phi,$$

бу ерда  $C$  – пропорционаллик коэффициенти.

Майдон потенциали ўтказгичга боғлиқми? Уни аниқлаш учун кичикроқ ўлчамдаги сферани олиб, тажрибани тақрорлаймиз. Берилган заряднинг бундай қийматида электрометр стрелкаси катта бурчакка оғади (*185 б) расм*). Демак кичик радиусли сферанинг потенциали:  $\Phi_2 > \Phi_1$ . Тажрибалар натижасига кўра  $C$  коэффициент ўтказгич сфераларнинг характеристикиси эканлиги келиб чиқади, уни электр сиғими деб аталади.

**Изоляцияланган ўтказгичнинг электр сиғими – физик катталик, у ўтказгич зарядини потенциалга нисбатига тенг.**

$$C = \frac{q}{\phi}. \quad (1)$$

Ўтказгич сферанинг потенциалини ҳисоблашнинг (1) формуласига  $\phi = \frac{kq}{\epsilon \cdot r}$  кўйиб, оламиз:

$$C = \frac{\epsilon \cdot r}{k} \quad (2)$$

$$\text{ёки} \quad C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r. \quad (3)$$

Изоляцияланган сферанинг радиуси қанча катта бўлса, унинг электр сиғими ҳам шунча катта бўлади. Олинган холосалар шар учун ҳам бажарилади,

сабаби ўтказгичлар ичида эркин зарядлар йўқ, электр майдони бўлмайди.

Электр сигимининг ўлчов бирлиги сифатида **фарад** қабулланган. У М.Фарадейнинг хурматига шундай аталган:

**Фарад – заряд 1 кулонга ўзгарганда, потенциали 1 вольтга ортадиган ўтказгич сигими.**

$$C = 1\Phi = \frac{1K\lambda}{1B}.$$

Амалда сигимнинг ўлчов бирлиги сифатида улушли қўшимчалардан фойдаланилади:  
1 мкФ =  $10^{-6}$  Φ, 1 пФ =  $10^{-12}$  Φ.

## II Конденсатор

Кафтилизни зарядланган сферага яқинлаштирайлик (*186-расм*), бунда электрометр кўрсатиши камаяди, демак сфера потенциали ҳам камаяди. Сфера майдонига исталган ўтказгични киритганда унинг потенциали камаяди. Ҳаёлан сферани ерга уланган радиуси катта сферанинг ичига жойлаштирайлик (*186-расм*). Ташқи сферанинг сиртида индукцияланган заряд пайдо бўлади. Потенциали нолга тенг ташқи сферага нисбатан ички сферанинг потенциали:

$$\Delta\varphi = \frac{kq}{\epsilon r_1} - \frac{kq}{\epsilon r_2} = \frac{kq}{\epsilon} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{kq(r_2 - r_1)}{\epsilon r_1 r_2} \quad (4)$$

бўлади.

Потенциалнинг камайиши икки ўтказгичнинг сигими изоляцияланган якка ўтказгичнинг сигимидан катта бўлишини кўрсатади.

(4) ифодани (1) ифодага қўямиз ва натижада икки концентрик ўтказгич сфералар учун сигимни ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$C = \frac{\epsilon r_1 r_2}{k(r_2 - r_1)} \quad (5)$$

ёки  $C = \frac{4\pi\epsilon_0 \epsilon r_1 r_2}{r_2 - r_1} \quad (6)$

Сфера радиуслари катталашгани ва улар орасидаги масофа кичиклашгани сайин, уларнинг сигими

### Бу қизиқ!

Сигими 1Φ бўлган шарнинг радиуси 9 млн км-га тенг:

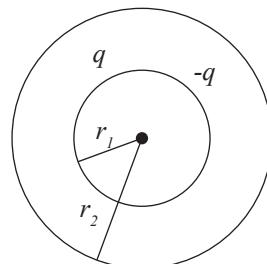
$$r = Ck = 1\Phi \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{H \cdot m^2}{K\lambda^2} = \\ = 9 \cdot 10^9 m.$$

Бундай шарнинг радиуси Ернинг радиусидан 1400 марта катта:

$$\frac{r}{R_{\text{ж}}} = \frac{9 \cdot 10^9 m}{6,4 \cdot 10^6 m} \approx 1400.$$

Бизнинг планетанинг атмосферасиз сигими 0,71 мФ-ни ташкил қиласди:

$$C_{\text{ж}} = \frac{6,4 \cdot 10^6 M}{9 \cdot 10^9 \frac{H \cdot m^2}{K\lambda^2}} = \\ = 0,71 \cdot 10^{-3} \Phi = 0,71 \text{ мФ}.$$



**186-расм.** Ерга уланган сферанинг потенциали нолга тенг

Конденсаторларда ишлатиладиган материалларнинг диэлектрик сингидиувчанлиги

Модда	ε
Ҳаво	1.0005
Қоғоз	от 2.5 до 3.5
Шиша	от 3 до 10
Слюдя	от 5 до 7
Металл оксидларининг кукунлари	от 6 до 20

### Бу қизиқ!

Ер сферик конденсатор ҳисобланади, унинг ташқи сфераси ионосфера, диэлектриги эса ҳаво.

катталашаверади. Диэлектрик билан ажратилган икки ўтказгич сфера сферик конденсатор ҳисобланади.

Икки ясси параллел пластинадан тузилган, диэлектрик билан ажратилган ясси конденсатор кенг тарқалган. Конденсатор пластиналарини қопламалар деб аталади.

**Конденсатор – зарядни ва электр майдон энергиясини тўпловчи асбоб. У қалинлиги қопламалар ўлчамлари билан солиштирганда кичик бўлган диэлектрик билан ажратилган иккита пластинадан иборат.**

Пластиналар орасидаги бир жинсли майдон кучланганилиги:

$$E = \frac{q}{\epsilon \epsilon_0 S}.$$

Конденсатор пластиналари орасидаги потенциаллар айрмаси ёки бир қопламанинг потенциали иккинчисига нисбатан қуидагига teng:

$$\Delta\varphi = Ed = \frac{qd}{\epsilon \epsilon_0 S}. \quad (7)$$

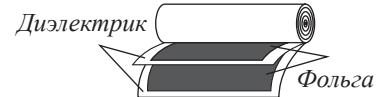
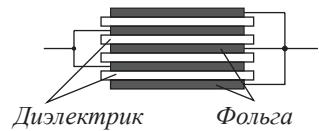
(7) ифодани (1) ифодага қўйиб, ясси конденсаторнинг сифимини оламиз:

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}. \quad (8)$$

(8) формуладан конденсаторнинг сифимини ортириш учун қопламалар юзини ортириши ва уларнинг орасидаги масофани камайтириш, ҳамда фазога диэлектрик киритиш кераклиги кўринади.

### III Конденсатор турлари

Сигими доимий ва ўзгарувчан конденсаторлар бор. Сигими доимий конденсаторлар бир-биридан диэлектрик билан ажратилган икки ёки бир неча пластинадан иборат (*187-расм*). Пластина сифатида метал фольга, диэлектрик сифатида эса қоғоз, слюдаларни олиш мумкин. Фойдаланилган материалнинг турига кўра қоғозли, слюдали, электролиз конденсаторлари мавжуд (*188-расм*). Сигими ўзгарувчан конденсаторлар пластиналар ўки билан уланган икки гурухидан иборат (*189-расм*). Ўқ айланганда пластиналарнинг бир-бирини қоплаш юзи ва улар орасидаги масофа ўзгаради. Бундай қурилма конденсаторнинг сифимини бир текис ўзgartiriшга имкон беради.



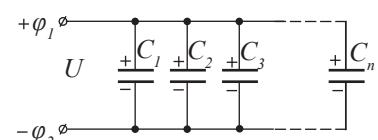
**187-расм. Ясси конденсатор**



**188-расм. Метал қоғозли ва алюминийдан ясалган электролиттик конденсаторлар**



**189-расм. Ўзгарувчан сигимли конденсатор**



**190-расм. Конденсаторларни параллел улаш**

## IV Конденсаторларни параллел улаш

Сигимнинг турли қийматларини олиш учун конденсаторларнинг турлича улашларидан фойдаланилади. *Параллел улашда барча конденсаторлар бирдай потенциаллар айрмасигача зарядланади (190-расм).*

$$U = \varphi_1 - \varphi_2.$$

$$\text{Демак, } U = U_1 = U_2 = \dots = U_n \quad (9)$$

Агар конденсаторларнинг сигимларида фарқ бўлса, уларнинг ҳар бирида қийматлари бўйича турлича зарядлар тўпланади:

$$q_1 = C_1 U, q_2 = C_2 U, \dots, q_n = C_n U \quad (10)$$

Умумий заряд ҳар бир конденсатордаги зарядларнинг йигиндиси билан аниқланади:

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_n = \sum_{i=1}^n q_i. \quad (11)$$

(10) ифодани (11) ифодага қўяшимиз ва (9) формулага кўра, ушбу формулани оламиз:

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

Параллел уланган конденсаторларнинг сигими алоҳида конденсаторларнинг сигимларининг йигиндисига тенг.

бунда  $n$  – конденсаторлар сони.

(9) ва (10) ифодалардан ушбу тенглама чиқади:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{C_1}{C_2}.$$

Конденсатор сигими ортиб, кучланишнинг қиймати ўзгармаса, заряд кўпроқ тўпланади.

## V Конденсаторларни кетма-кет улаш

Конденсаторларни кетма-кет улашни қараб чиқайлик (191-расм). Биринчи конденсаторнинг қопламаларига заряд берайлик. Унда келаси қопламаларда қиймати бирдай, бирок аввалги қопламага нисбатан қарама-карши ишорали заряд индукцияланади. *Барча қопламалардаги зарядларнинг йигиндиси битта конденсаторнинг ичидаги зарядга тенг, демак:*

$$q = q_1 = q_2 = \dots = q_n. \quad (12)$$

Ҳар бир конденсатордаги кучланиш унинг сигими билан аниқланади:

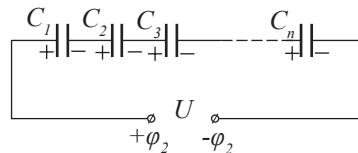
$$U_1 = \frac{q}{C_1}; U_2 = \frac{q}{C_2}; \dots; U_n = \frac{q}{C_n}. \quad (13)$$

Барча конденсаторларнинг умумий кучланиши уларнинг ҳар биридаги кучланишларнинг йигиндисига тенг.

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n. \quad (14)$$

### Эсада сақланг!

Сигимлари тенг бўлган конденсаторларни параллел улашда умумий сигим  $C = nC_1$ .



191-расм. Конденсаторларни кетма-кет улаш

### Эсада сақланг!

Турли сигими икки конденсатор учун (15) формуладан оламиз:

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

Сигимлар тенг бўлганда:

$$C = \frac{C_1}{n},$$

бу ердаги  $n$  – конденсаторлар сони.

### Жавоби қандай?

1. Конденсаторларни параллел улаганда нега уларнинг умумий сигими ортади, кетма-кет улаганда эса камаяди?
2. Нега сферик эмас балки ясси конденсаторлар кенг марқалган?
3. Кетма-кет уланган конденсаторларнинг барча қопламаларида нега қиймати бирдай заряд тўпланади?

(13) формулани (14) формулага қўйиб ва конденсаторлардаги зарядларнинг (12) тенглигини хисобга олиб, куйидаги формулани оламиз:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}. \quad (15)$$

Параллел улашида конденсаторларнинг умумий сигимига тескари катталик, алоҳида конденсаторларнинг сигимларига тескари катталикларнинг йигиндисига тенг.

(12) ва (13) ифодалардан:

$$C_1 U_1 = C_2 U_2 \text{ ёки } \frac{C_1}{C_2} = \frac{U_2}{U_1}.$$

Заряднинг қиймати ўзгамас бўлганда конденсаторнинг сигими қанча ортса, ундаги кучланиши шунча камаяди.

### Назорат саволлари

- Электр сигими деганимиз нима? Унинг ўлчов бирлиги қандай?
- Зарядларни тўплаш учун қандай асбобдан фойдаланилади? У қандай тузилган?
- Конденсаторларнинг қандай турларини биласиз?
- Ўтказгичларни кетма-кет ва параллел улашнинг асосий қонуниятларини кўрсатинг.



### Машқ

34

- Икки пластинадан иборат конденсаторнинг электр сигими 5 пФ. Агар унинг қопламалари орасидаги потенциаллар айрмаси 1000 В бўлса, унинг ҳар бир қопламасида қандай заряд бор?
- Қопламалари ўлчами  $25 \times 25$  см ва орасидаги масофаси 0,5 мм бўлган ясси конденсатор кучланиши манбаидан потенциалдар айрмаси 10 В гача зарядланиб, кейин ундан ажратилади. Агар конденсаторнинг пластиналарини 5 мм масофага силжитсак, унинг потенциаллар айрмаси қандай бўлади?
- Уч хил конденсатор бор. Улардан бирининг электр сигими 2 мкФ. Барча конденсаторлар кетма-кет уланганда умумий электр сигими 1 мкФ. Конденсаторлар параллел уланганда, уларнинг занжиридаги электр сигими 11 мкФ бўлди. Колган икки конденсаторнинг электр сигимини аниқланг.
- Электр сигимлари 1 мкФ ва 3 мкФ бўлган зарядланмаган, кетма-кет уланган икки конденсатордан иборат электр занжири ўзгармас 220 В кучланиши манбаига уланган. Уларнинг тармоқса улангандан кейинги кучланишларини аниқланг.
- Электр сигими 4 мкФ бўлган конденсатор 10 В кучланишгacha зарядланган. Агар унга электр сигими 6 мкФ, 20 В кучланишгacha зарядланган бошқа конденсаторни уласак, унда биринчи конденсаторнинг қопламаларидаги заряд қандай бўлади? Турли ишорали зарядланган қопламалар уланган.

## 35§. Электр майдонининг энергияси

### Кутиладиган натижаси:

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- электр майдонининг энергиясини ҳисоблашни ўрганасиз.



### Эсда сақланғ!

Конденсаторнинг электр майдонининг энергияси деформацияланган пружинанинг потенциал энергиясига ўзашаш:

$$W = \frac{kx^2}{2} = \frac{F^2}{2k} = \frac{Fx}{2}$$

### I Электр майдонининг энергияси

Зарядланган конденсатор уни зарядлашда бажарилган ишга тенг потенциал энергия запасига эга. Зарядлашда бажариладиган ишни пластиналарни ноль масофадан  $d$  масофагача силжитишга кетган иш сифатида қараш мумкин. Заряди  $q$  пластиинанинг  $E_1$  кучланганлиги икки пластина орасидаги кучланганликнинг ярмига тенг бўлган  $E_1 = \frac{E}{2}$  иккинчи пластина майдонидаги ҳаракатини қарайлик. Пластиналарни кўчириш кучи  $F = qE_1 = \frac{qE}{2}$ , бажарилган иш

эса:  $A = Fd = \frac{qEd}{2}$ .

$U = Ed$  эканлигидан, қуйидагини оламиз:  
 $A = \frac{qU}{2}$ .

Шунингдек, конденсатор қопламалари орасидаги майдон энергияси:

$$W = \frac{qU}{2} \quad (1)$$

Заряд ва кучланганлик орасидаги  $q = CU$  боғланышдан фойдаланиб, майдон энергиясини қуйидаги кўринишда ёзамиш:

$$W = \frac{CU^2}{2} \quad (2) \text{ ва } W = \frac{q^2}{2C}. \quad (3)$$

Конденсатор ток ток манбаига уланган вактда (2) формула ишлатилади, бунда қопламалардаги кучланиш ўзгармайди. (3) формула конденсатор ток манбаига уланмаган ҳолда қулай, бунда унинг заряди ўзгармас бўлади.

### II Энергия зичлиги

Майдондан юзага келган энергия зичлиги қуйидагига тенг:

$$\omega = \frac{W}{V}. \quad (4)$$

Энергия майдонининг зичлиги ва кучланганлик орасидаги боғланишини аниқлайлик:

$$\omega = \frac{CU^2}{2V} = \frac{\epsilon\epsilon_0 SE^2 d^2}{d \cdot 2V}.$$

$Sd = V$  эканин эътиборга олиб, ушбу ифодани оламиз:

$$\omega = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}. \quad (5)$$



### Жавоби қандай?

Нега конденсаторнинг энергияси конденсаторнинг қопламалари орасидаги фазо билан чекланган? Бу саволга жавоб бериш учун электр майдон энергиясининг зичлигини ҳисоблаш формуласидан фойдаланинг.

Энергия зичлиги кучланганлик квадратига түгри пропорционал.

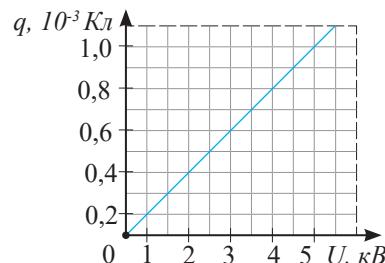
### III Конденсатор энергиясининг сиғимга ва кучланишга боғлиқлигини тажрибада текшириш

Тажрибани ўтказиш учун қўлда пробирка ва найчадан фойдаланиб, газ термометрини ясаш керак. Пробирканинг тиқинига бўялган суви бор найда ва симнинг икки учи кирадиган тешик ясаймиз. Пробирканинг ичига металл спирални киритиб, икки учини пробирканинг тиқинидаги тешикдан чиқаралимиз. Пробиркани тиқин билан ёпамиз. Спиралга икки ёқлама калит орқали конденсаторни улаймиз. Конденсаторни зарядлаш учун унга калитни иккинчи томонига уланган доимий ток манбанин улаймиз. Конденсаторнинг энергияси разрядланишда иссиқлик энергиясига айланади. Конденсатор спиралга уланиб разрядланганда, пробиркадаги спирал ва ҳаво қизийди, натижада найдадаги рангли томчи силжийди. Конденсаторни сиғими икки марта катта конденсаторга алмаштириб тажрибани такрорласак, томчининг силжиши ҳам икки марта ортади.



#### 2-топшириқ

- Ясси конденсаторнинг қопламалари орасидаги майдон куч чизиқларини тавсифланг. Конденсатор сиртида электр майдони кучланганлиги нолге тенг эканини исботланг.
- (4) формуладан фойдаланиб, энергиянинг ҳажмий зичлигининг ўлчов бирлигини ёзинг. Қандай каттаплик худди шундай ўлчов бирлигига эга?



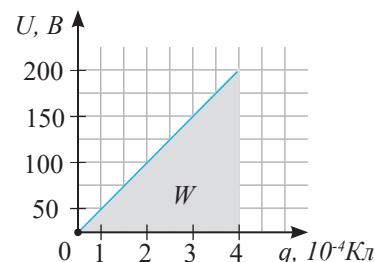
#### 3-топшириқ

192-расмда кўрсатилган график бўйича конденсаторнинг электр майдони энергиясини ва сиғимини аниқланг.

**192-расм.** Конденсатор қопламаларидағи заряднинг кучланишга боғлиқлик графиги

### IV Конденсатор зарядининг конденсаторнинг қопламаларидағи кучланишга боғлиқлик графигидан энергияни аниқлаш

193-расмда конденсатор қопламаларидағи кучланишнинг конденсатор зарядига боғлиқлик графикиги берилган.  $W = \frac{qU}{2}$  формуласи асосида график остидаги шаклнинг юзи сон қиймати жиҳатидан конденсаторнинг электр майдони энергиясига тенг.  $q = 4 \cdot 10^{-4}$  Кл заряд берилганда конденсаторнинг қопламаларидағи электр майдонининг энергияси  $W = 0,04$  Дж бўлади.



**193-расм.** Конденсатор қопламаларидағи кучланишининг зарядга боғлиқлик графикиги



## Ўз тажрибанг

- Тажриба ўтқазилган қурилманинг схемасини чизинг.
- Конденсаторнинг электр майдони энергиясини:
  - кучланишнинг ўзгармас қийматида конденсатор сиғимига;
  - сиғим ўзгармас бўлган ҳолда конденсаторнинг қопламаларидағи кучланишга боғлиқ-лигини текширинг.
- Олинган натижага бўйича конденсатор энергиясининг боғланиш графигини ясанг.
- Олинган натижани назарий хулоса билан тақъосланг.

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Ясси ҳаво конденсаторининг энергияси  $W_1 = 2 \cdot 10^{-7}$  Ж. Конденсаторни диэлектрик сингдирувчанлиги  $\epsilon = 2$  диэлектрик билан тўлдиригандан кейин:

- конденсатор ток манбаига уланган,
- конденсатор ток манбайдан ажратилган ҳоллардаги энергиясини аниқланг.

### Берилган:

$$W_1 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$$

$$\epsilon = 2$$

$$1) q = \text{const}$$

$$2) U = \text{const}$$

$$q = \text{const} \text{ бўлганда } W_2 - ?$$

$$U = \text{const} \text{ бўлганда } W_2 - ?$$

### Ечиш:

Конденсаторнинг сиғими диэлектрик билан тўлдирилгандан кейин 2 марта ортади:  $C_2 = 2C_1$

Биринчи ҳолда конденсатор ток манбайдан ажратилган, бу вактда унинг заряди ўзгармайди, унда конденсаторнинг энергиясини ушбу формула билан хисоблаймиз:

$$W_2 = \frac{q^2}{2C_2} = \frac{q^2}{2 \cdot 2C_1} = \frac{W_1}{2}.$$

Конденсаторнинг энергияси 2 марта камаяди:  $W_2 = 10^{-7}$  Ж.

Иккинчи ҳолда, яъни конденсатор ток манбаига уланганда унинг қопламаларидағи кучланиш ўзгармас катталик бўлади. Энди конденсатор энергияси қўйидагига тенг бўлади:

$$W_2 = \frac{C_2 U^2}{2} = 2 \frac{C U^2}{2} = 2W_1$$

Демак бу ҳолда конденсаторнинг энергияси 2 марта ортган:

$$W_2 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Ж.}$$

**Жавоби:**  $q = \text{const}$  бўлганда  $W_2 = 10^{-7}$  Ж

$$U = \text{const} \text{ бўлганда } W_2 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Ж}$$

## Назорат саволлари

- Электр майдони энергияси қандай аниқланади?
- Конденсаторнинг қандай қисмида бутун электр майдон энергияси тўпланданг?
- Электр майдон энергиясининг зичлиги қандай аниқланади?
- Электр майдон энергиясининг зичлигининг ўлчов бирлигини атанг.



1. Электр сифими  $20 \text{ мкФ}$  конденсаторга  $5 \text{ мКл}$  заряд берилган. Зарядланган конденсаторнинг энергияси қандай?
2. Доимий кучланиши  $U = 1000 \text{ В}$  ток манбаига уланган конденсаторнинг электр сифими  $C_1 = 5 \text{ пФ}$ . Конденсатор қопламаларининг оралиғи  $n = 3$  марта камайтирилди. Конденсатор қопламаларидағи заряднинг ва электр майдон энергиясининг ўзгаришини аниқланг.
3. Ҳаво конденсаторининг пластиналарини ток манбаидан ажратиб, оралиғи очилди ва пайдо бўлган бўшлиқни диэлектрик сингдирувчанлиги  $4 \text{ бўлган}$  диэлектрик билан тўлдирилди. Конденсатордаги электр майдонининг энергияси неча марта камайди?
4. Юзи  $200 \text{ см}^2$  бўлган конденсаторнинг ясси пластиналари бир-биридан  $1 \text{ см}$  масофада жойлашган. Агар кучланганлик  $500 \text{ кВ/м}$  бўлса, электр майдони энергияси қандай?
5. Конденсаторнинг қопламалари қалинлиги  $2 \text{ мм}$  бўлган парафин шимдирилган қофоз диэлектрик билан ажратилган. Электр майдонининг кучланиши  $200 \text{ В}$  бўлса, энергия зичлигини аниқланг. Мухитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги  $2,2$ .
6. Электр сифими  $2 \text{ мкФ}$  конденсаторга  $10^{-3} \text{ Кл}$  заряд берилган. Конденсатор қопламаларини ўтказгич билан улаб, разрядлаганда ўтказгичда ажралағиган иссиқликни ва разрядлашдан олдинги ва разрядлашдан кейинги қопламалар орасидаги потенциаллар айрмасини топинг.

### Ижодий топшириқ

Қуйидаги мавзулар бўйича ахборот тайёрланг (танлов бўйича):

1. КР корхоналарида конденсатор ишлаб чиқариш.
2. Куч конденсаторлари ва конденсаторли қурилмаларнинг вазифалари.

## 10-бобнинг хуносаси

Қонунлар	Электр майдонининг характеристикалари	
	Кучланганлик	Потенциал
Заряднинг сақланиш қонуни: $q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = const$ $q = N  e $ Кулон қонуни $F_K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \frac{ q_1  q_2 }{r^2}$ $F_K = \frac{k q_1  q_2 }{\varepsilon r^2}$ Майдонларнинг суперпозиция принципи $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$ $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$ Гаусс теоремаси $\Phi_E = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\varepsilon\varepsilon_0}$	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ Нуктавий заряд майдонининг кучланганлиги $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$ $E = \frac{kq}{\varepsilon r^2}$ Чексиз пластина майдонининг кучланганлиги $E = \frac{q}{2\varepsilon\varepsilon_0 S}$ $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}$ $\sigma = \frac{q}{S}$ – заряднинг сирт зичлиги Хар хил ишорали икки пластина орасидаги майдонининг кучланганлиги $E = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S}$ $E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$	$\varphi = \frac{W_p}{q}$ Нуктавий заряд майдонининг потенциали $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}$ $\varphi = \frac{kq}{\varepsilon r}$ Бир жинсли майдоннинг потенциали $\varphi = Ed$
Майдондаги заряднинг потенциал энергияси, заряд күчишида бажариладиган иш	Иш ва майдоннинг потенциали	
Бир жинсли майдон учун	Бир жинсли эмас майдон учун	
$W_p = qEd$ $A = -(qEd_2 - qEd_1)$	$W_p = \frac{kQq}{r}$ $A = \frac{kQq}{r_1} - \frac{kQq}{r_2}$	$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$ $U = \varphi_1 - \varphi_2$ $A = qU$
Ўтказгичларнинг сиғими	Конденсаторларни улашнинг асосий қонуниятлари Кетма-кет улаш	Параллел улаш
Изоляцияланган ўтказгичнинг сиғими $C = \frac{q}{\varphi}$ Изоляцияланган шарнинг сиғими $C = 4\pi\varepsilon_0 r$	$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ $q = q_1 = q_2 = \dots = q_n$ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$ $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$	$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$ $q = q_1 + q_2 + \dots + q_n = \sum_{i=1}^n q_i$ $C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$
Ўтказгичларнинг сиғими	Конденсаторларни улашнинг асосий қонуниятлари Кетма-кет улаш	Параллел улаш
Сферик конденсаторнинг сиғими $C = \frac{4\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}{r_2 - r_1}$ Ясси конденсаторнинг сиғими $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$	$C = \frac{C_1}{n}$ $\frac{C_1}{C_2} = \frac{U_2}{U_1}$	$C = nC_1$ $\frac{q_1}{q_2} = \frac{C_2}{C_1}$

Мұхиттинг дизлектрик сингдирувчанлығы	Конденсатор электр майдонининг энергияси ва зичлиги
$\varepsilon = \frac{F_0}{F}; \varepsilon = \frac{E_0}{E}$	$W = \frac{qU}{2}; W = \frac{CU^2}{2}; W = \frac{q^2}{2C}; \omega = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$

## Қонунлар

### Зарядттың сақланиш қонуны:

Исталған берк системалықтың электр зарядтарыннан алгебраик йиғиндиси шу системалықтың ичидағы исталған жарайындарда үзгаришсиз қолади.

### Кулон қонуни

Иккі нүктавий зарядтардың үзаро таъсирлашиш кучи зарядтарни құшувчи түгри чизик бүйілаб йұналған бўлиб, иккі зарядттың кўпайтмасига түғри пропорционал ва уларнинг орасидаги масофанинг квадратига тескари пропорционал.

### Майдонларнинг суперпозиция принципи:

Фазонинг берилған нүктасидаги зарядтар системаси хосил қилған электр майдони кучланғанлығы – зарядтар кучланғанлықтарыннан геометрик йиғиндисига тенг.

Бир неча заряд хосил қилған майдоннинг потенциалы зарядтар майдонлари потенциалларыннан алгебраик йиғиндисига тенг.

### Гаусс теоремаси:

Исталған берк сирт орқали ўтадиган кучланғанлик оқими шу сирт ичидағы барча эркин электр зарядтарыннан алгебраик йиғиндисини  $\varepsilon\varepsilon_0$ -га бўлганига тенг.

## Глоссарий

**Диполь** – бу үзининг хусусий майдонини хосил қиладиган, бир-бирига нисбатан силжийдиган боғланған зарядтар системаси.

**Мұхиттинг дизлектрик сингдирувчанлығы** – дизлектриктердаги майдон кучланғанлығы вакуумга қараганда неча марта камлигини кўрсатадиган физик катталиқ.

**Конденсатор** – заряд ва электр майдон энергиясини тўпловчи курилма. У қалинлиги қопламаларнинг ўлчамларига қараганда анча кичик бўлган дизлектрик билан ажратилган иккি пластинадан иборат.

**Кулон** – ток кучи 1 А бўлганда 1 с ичида ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан ўтадиган электр заряди.

**Электр майдонининг кучланғанлығы** – фазонинг берилған нүктасига жойлаштирилган мусбат синов зарядига таъсир этувчи кучнинг, шу заряд катталигига нисбатига тенг физик катталиқ.

**Электр майдонининг куч чизиқлари** – исталған нүктадаги урунмалари майдон кучланғанлик векторининг йўналиши билан мос тушувчи чизиқлар.

**Нүктавий зарядлар** – ўлчамлари орасидаги масофалардан анча кичик бўлган зарядланган жисмлар.

**Фарад** – заряди 1 кулонга үзгарганда потенциалы 1 вольтга ортадиган ўтказгич сифими.

**Эквиотенциал юза** – барча нүкталарда майдон потенциалы бирдей бўлган юза.

**Электр майдони** – зарядланган жисмларнинг үзаро таъсирини характерловчи материя тури.

**Электростатика** – кўзғалмас электр зарядлари орасидаги үзаро таъсирларни ўрганадиган электродинамиканинг бўлими.

**Электр индукция** – ўтказгичнинг таъсир орқали электрланиш жараёни.

11-БОБ

## ДОИМИЙ ТОК

Дастлаб зарядланган зарраларнинг ҳаракатини италиялик олим-биолог Луиджи Гальвани кузатди. У турли металл пластиналар билан контактга келганды ўлик бақанинг оёқлари импульсив қисқаришини пайқаб қолди. Гальвани тадқиқотларини Александр Вольта давом эттиреди. У тажрибада икки турли металл пластиналарни туз, кислота ва асослар эритмаларига солғанда, бу турли пластиналар орасида ток пайдо бўлишини исботлади. Зарядланган зарраларнинг ҳаракати кўплаган физик-олимларнинг эътиборини ўзига тортди. Турли муҳитларда ҳаракатланадиган зарядланган зарралар қонунлари асосан экспериментал равишда кашф қилинди.

Олимларнинг тадқиқотлари натижалари ишлаб чиқаришда ва ҳаётда кенг қўлланишга эга бўлди. Ҳозирги замонавий оламни электр токидан таъминланувчи турли хил асбоблар ва қурилмаларсиз тасаввур қилиш мумкин эмас.

### Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:

- занжирнинг ўтказгичлар аralаш уланган қисми учун Ом қонунидан фойдаланишни;
- ўтказгичларнинг аralаш улашни ўрганишни;
- ток манбаининг ҳар хил иш режимидаги (нормал ишлаш, салт юриш, қисқа туташув режими) электр юритувчи куч ва кучланиш орасидаги боғланишни;
- тўла занжир учун Ом қонунини қўллашни;
- ток манбаининг электр юритувчи кучини ва ички қаршилиги тажрибада аниқлашни;
- тармоқланган электр занжирига Кирхгоф қонунини қўллашни;
- масала ечишда ток манбаининг иши, қуввати ва фойдали иш коэффиценти формуулаларини қўллашни ўрганасиз.

## 36§. Электр токи. Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни. Ўтказгичларни аралаш улаш

### Кутиладиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштиргандага:

- Занжирнинг ўтказгичларни аралаш уланган қисми учун Ом қонунини кўллашни ўрганасиз.



### Жавоби қандай?

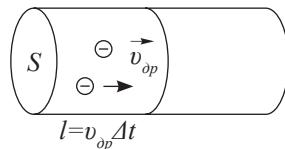
- Нега эркинн зарядларнинг ўтказгичдаги иссиқлик ҳаракатини электр токи деб айтмолмаймиз?
- Қандай шартларда ўтказгичдаги эркин зарядларнинг йўналган ҳаракати кузатилади?



### Эсга туширинг!

Ток кучининг ўлчов бирлиги:

$$1 \text{ ампер: } [I] = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ с}} = 1 \text{ А}$$



194-расм. Дрейфларнинг тезлиги – зарядланган зараларнинг йўналган тезлиги



### Жавоби қандай?

Нега катта қувватли электр асбобларини, масалан, дазмолни, микротўлқинли печни тармоқка кесими катта (ўйғон) сим билан улайди.

### I Электр токи. Ток кучи. Ток зичлиги

Ўтказгичдаги зарядланган зараларнинг йўналган ҳаракати ташқи майдон таъсирида пайдо бўлади.

**Электр токи – электр зарядларининг йўналган тартибли ҳаракати.**

Ўтказгичдаги электр токини характерлаш учун ушбу физик катталиклар киритилади: ток кучи ва ток зичлиги.

**Ток кучи – бирлик вақтда ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали ўтадиган заряд миқдорига тенг катталик.**

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (1)$$

Зарядланган бир зарра заряди заралар сонига  $N$  кўпайтмаси билан алмаштирасак:

$$\Delta q = |q_0|N, \quad (2)$$

бу ердаги  $|q_0|$  – бир зарранинг заряди.  $\Delta t$  вақтда ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали  $V$  ҳажмда жойлашган зарядлар ўтади (194-расм). Зарядлар концентрациясининг маълум бир қийматида, уларнинг сонини қуйидаги формула бўйича аниқлаш мумкин:

$$N = nV, \quad (3)$$

$$V = Sl = Sv_{dp}t \quad (4)$$

(2), (3) ва (4) тенгламаларини (1)га қўйиб, оламиз:

$$I = |q_0|nv_{dp}S. \quad (5)$$

Олинган формуладаги  $v_{dp}$  – зарядланган зарра ларнинг йўналган тезлиги ёки уларнинг дрейфининг тезлиги.

**Ток зичлиги – ток кучининг ўтказгичнинг кўндаланг кесими юзига нисбатига тенг физик катталик.**

$$j = \frac{I}{S}. \quad (6)$$

$$\text{Ток зичлигининг ўлчов бирлиги } [j] = 1 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}.$$

Ток зичлиги зарядланган зарраларнинг концентрацияси, уларнинг дрейфининг тезлиги ва заряд катталиги билан аниқланади:

$$j = |q_0| n v_{\text{др}}. \quad (7)$$

Катта токларга мүлжалланган қувватли электр иситгич асбобларини кесими катта симлар орқали тармоққа улади. Бу симнинг қаттиқ қизиб кетишидан ва изоляциянинг эриб кетишидан сақлаш ва симдаги ток зичлигини камайтириш учун керак.

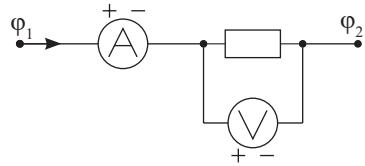
## II Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни

Экспериментал маълумотлар асосида Г.Ом қўйидаги холосага келди:

**Занжирдаги ток кучи шу қисмдаги кучлашибга тўғри пропорционал ва қаршиликка тескари пропорционал.**

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} \text{ ёки } I = \frac{U}{R} \quad (8).$$

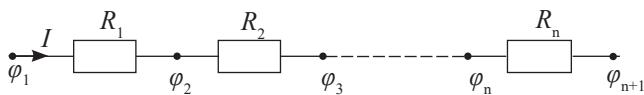
Бу қонуниятни занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни деб атайди (195-расм).



195-расм. Актив қаршиликли занжир қисми

## III Ўтказгичларни параллел ва кетма-кет улаш

Агар кейинги ўтказгичнинг боши олдинги ўтказгичнинг охирига уланса, ўтказгичларни улашининг бу турини кетма-кет улаши деб аталади (196-расм).



196-расм. Ўтказгичларни кетма-кет улаш

Параллел улашда ўтказгичларнинг бошлари бир тугунга, охирлари – иккинчи тугунга уланади (197-расм).

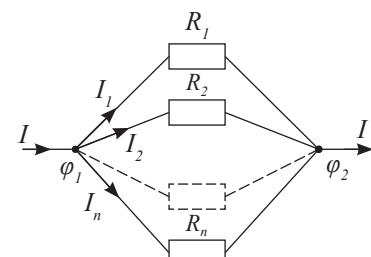
Кетма-кет улашни параллел улашдан ажратиш кийин эмас, кетма-кет улашда занжирда тугунлар бўлмайди.

Тугун – уч ёки ундан кўп ўтказгичларни улаши нуқтаси.



### Топширик

195-расмга қараб, амперметр ва вольтметрни тармоққа улаш қоидасини тушунтиринг.



197-расм. Ўтказгичларнинг параллел уланиши



### Эсада сақланг!

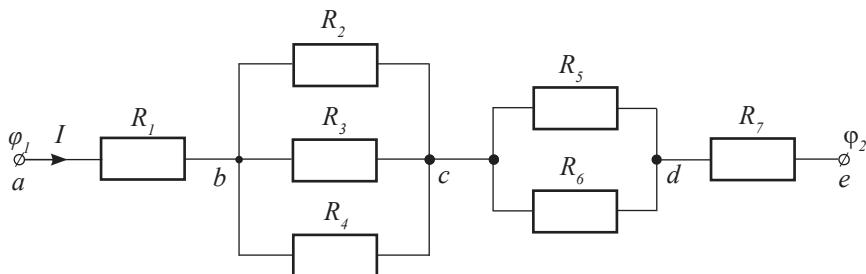
У кучланиш деганимиз – орасида ток манбай йўқ занжирнинг икки нуқтасининг потенциаллари айрмаси  $\varphi_1 - \varphi_2$ .

**12-жадвал. Ўтказгичларни параллел ва кетма-кет улаш формулалари**

Катталиктарнинг муносабати	Улаш турлари	
	кетма-кет	параллел
Умумий токнинг занжир қисмларидаги токлар билан боғланиши	$I_{\text{ym}} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$	$I_{\text{ym}} + I_1 + I_2 + \dots + I_n$
Умумий кучланишнинг занжир қисмларидаги кучланишлар билан боғланиши	$U_{\text{ym}} = \varphi_1 - \varphi_{n+1};$ $U_{\text{ym}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$	$U_{\text{ym}} = \varphi_1 - \varphi_2;$ $U_{\text{ym}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n$
Занжир қисмининг умумий қаршилиги	$R_{\text{ym}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$	$\frac{1}{R_{\text{жасалы}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$
Қаршиликлари тенг н та ўтказгичнинг умумий қаршилиги	$R_{\text{ym}} = nR$	$R_{\text{жасалы}} = \frac{R}{n}$
Икки ўтказгичнинг қаршилиги	$R_{\text{ym}} = R_1 + R_2$	$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
Ўзгарувчан катталиктарнинг ўзаро муносабати	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$ $U_1 : U_2 : U_3 : \dots : U_n$ $R_1 : R_2 : R_3 : \dots : R_n$	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$ $I_1 : I_2 : I_3 : \dots : I_n$ $\frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \dots : \frac{1}{R_n}$

#### IV Ўтказгичларни аралаш улаш

Ўтказгичларни аралаш улаш кетма-кет ва параллел улашларни бирлаштиради. Занжирнинг умумий қаршилигини, ток ва кучланишни тақсимланишини ҳисоблашда параллел улаш ва кетма-кет улаш формулалари бирга қўлланилади. 198-расмда ўтказгичларни аралаш улаш кўрсатилган.

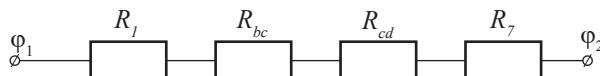


**198-расм. Ўтказгичларни аралаш улаш**

Занжирнинг  $bc$  ва  $cd$  қисмларида ўтказгичлар параллел уланган, демак шу қисмлардаги ҳисоблашлар параллел улаш қонунлари бўйича бажарилади:

$$R_{bc} = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_3 R_4 + R_2 R_4 + R_2 R_3}, \quad R_{cd} = \frac{R_5 R_6}{R_5 + R_6}.$$

Ҳисоблашларни осонлаштириш учун эквивалент схемалар қўлланилади. Экви-валент схема занжир қисмларидағи алоҳида қаршиликларни умумий қаршиликка алмаштирганда ҳосил бўлади (199-расм).



**199-расм.** 198-расмда тасвирланган занжирнинг эквивалент схемаси

Бу занжирда тугунлар йўқ бўлганидан, энди олинган схема – ўтказгичларни кетма-кет улаш схемаси бўлиб қолди. Занжирнинг умумий қаршилиги шу қаршилик-ларнинг йиғиндисига тенг бўлади:

$$R_{\text{ум}} = R_1 + R_{bc} + R_{cd} + R_7.$$

Занжирдаги қучланиш ва ток кучининг тақсимланишини ҳисоблашда занжир қисми учун Ом қонунидан фойдаланилади.

### Назорат саволлари

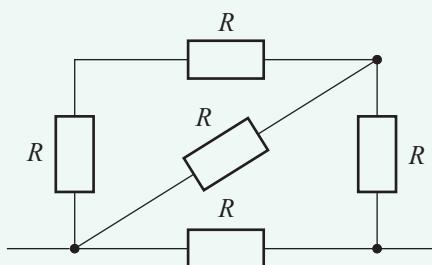
- Электр токи деганимиз нима?
- Электр токини характерловчи катталикларни атанг, уларга таъриф беринг.
- Занжирнинг бир қисми учун Ом қонунини таърифланг.
- Қандай улаш кетма-кет улаш деб аталади? Қандай улаш параллел улаш деб аталади?
- Электр занжиридаги тугун деб нимага айтилади?



### Машқ

36

- Чўнтак фонари лампасининг толаси орқали  $t = 2$  минутда  $q_1 = 20$  Кл заряд ўтади. Лампа толаси орқали  $q_2 = 60$  Кл заряд ўтадиган вақтни ва ток кучини аниқланг.
- Яшинқайтаргич учини ерга уловчи темир симнинг қўндаланг кесим юзи  $S = 1 \text{ см}^2$ . Яшин разряди вақтида шу сим орқали  $I = 10^5 \text{ А}$  ток ўтиши мумкин. Шу ўтказгичдаги ток зичлигини топинг. Бу ўтказгичдаги ток зичлигини диаметри 2 мм,  $1,57 \text{ А}$  ток ўтаётган оддий ўтказгичдаги ток зичлиги билан таққосланг.
- Агар  $I = 1 \text{ А}$  ток кучида кучланишнинг тушиши  $U = 1,2 \text{ В}$  бўлса, ўтказгичнинг  $\rho$  солиштирма қаршилиги нимага тенг? Ўтказгичнинг диаметри  $d = 0,5 \text{ мм}$ , узунлиги  $l = 47 \text{ мм}$ .
- Қаршиликлари бирдай  $R = 10 \text{ Ом}$  тўрт резистор бор. Уларни қўшишнинг неча усули бор? Ҳар бир ҳол учун эквивалент қаршиликни топинг.
- Агар  $R = 4 \text{ Ом}$  бўлса, унда 200-расмда кўрсатилган занжирнинг умумий қаршилиги қандай?



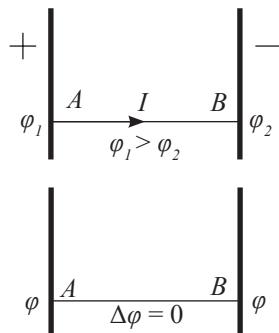
**200-расм.** 36-машқнинг  
5-масаласига

## 37§. Ток манбанинг электр юритувчи кучи ва ички қаршилиги

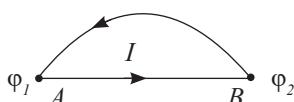
### Кутиладиган натижасы:

Бу параграфни ўзлаштиргандай:

- ток манбанинг турли ши режимидағы (нормал, салт юриш, қисқа тұташув режимі) электр юритувчи куч билан күчләнниш орасидагы боғланишини текширишни ўрганасыз.



**201-расм.** Конденсатор қолпамалари орасидагы қисқа мұддатлы ток



**202-расм.** Берк занжирда зарядни күчириси

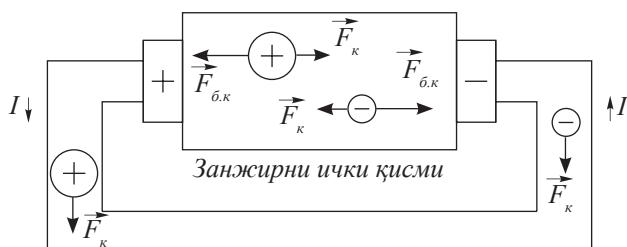


Жавоби қандай?

Үтказгичдеги зарядларнинг ҳаракаты қандай шарттарда тартибланған бўлади?

### I Ўзгармас электр токининг пайдо бўлиши ва мавжудлик шартлари

Зарядланган конденсатор қолпамаларини  $AB$  ўтказгич билан уласак унда электр токи пайдо бўлади. Конденсатор разрядлангач, ўтказгич учларидаги потенциаллар айрмаси нолга тенг бўлади, ток тўхтайди (*201-расм*). Занжирдаги токни таъминлаб туриш учун унинг учларида потенциаллар айрмасини ҳосил қилиш керак: берк занжир ясад, бошқа ўтказгич орқали зарядларни қайта ўрнига ташишга бўлади (*202-расм*). Зарядни  $B$  нуқтадан  $A$  нуқтага кўчириш фактати электр эмас ташки кучлар ёрдамида амалга оширилади, сабаби  $B$  нуқтанинг потенциали  $A$  нуқта потенциалидан кичик. Ўтказгичда ўтадиган жараён қия текисликдаги жисм ҳаракатига ўхшаш. Оғирлик кучи таъсирида жисм юқори сатҳдан пастроқ сатҳга кўчади. Сирпаниб тушган жисм ҳаракатини қайта тиклаш учун уни қиялик тепасига қайта кўтариш керак. Бу кўчиш эса оғирлик кучидан бошқа ташки кучнинг таъсиридагина амалга ошиши мумкин. Жисмни кўтаришда оғирлик кучи манфий иш бажаради. *203-расмда* электр занжирни схемаси кўрсатилган. Ток манбай ичиди зарядларни қутбларга томон силжитиш ишини электрик эмас ташки кучлар бажаради. Кулон кучининг иши манфий, ташки занжирда зарядлар кулон кучлари таъсирида кўчади.



Занжирнинг ташки қисми

**203-расм.** Электр занжирининг принципиал схемаси

Шундай қилиб, ўзгармас ток олии шарти – ток манбаи бор ётиқ ўтказгич занжир бўлиши керак.

Занжир таркибиага: ток манбаи, ток истеъмолчилари, улаш симлари, калит ва ўлчов асбоблари киради.

## II Электр энергияси манбанинг электр юритувчи кучи

Ток манбаида энергиянинг ҳар хил турларини электр энергиясига айланниши амалга ошади. Энергиянинг сақланиш қонуни бўйича ташқи кучларнинг иши занжирнинг ички ва ташқи қисмларидағи кулон кучларининг ишига teng:

$$A_{\delta, k} = A_r + A_R.$$

Тенгламанинг икки томонини ҳам берк контур бўйича ташилган зарядга бўлиб, қуидагини оламиз:

$$\frac{A_{\delta, k}}{q} = \frac{A_r}{q} + \frac{A_R}{q}$$

ёки

$$\varepsilon = U_r + U_R$$

бу ердаги  $\varepsilon$  – электр юритувчи куч,  $U_r$  – занжирнинг ички қисмидаги кучланиш тушиши,  $U_R$  – занжирнинг ташқи қисмидаги кучланиш тушиши.

**Электр юритувчи куч – бирлик зарядни кўчиришда ташқи кучларнинг бажарган ишига teng катталик.**

$$\varepsilon = \frac{A_{\delta, k}}{q}$$

$\varepsilon$  (ЭЮК) ўлчов бирлиги – вольт,  $[\varepsilon] = 1$  В.

## III ЭЮК ва турли иш режимида ток манбанинг кучланиши

1. Салт юриши режими (юкланишисиз).

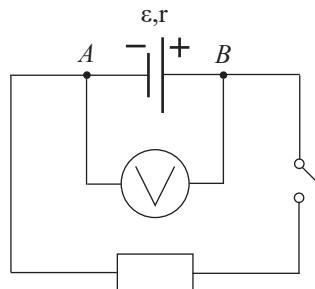
Ток манбанинг ЭЮК унга вольтметрни салт юриш режимида тўғридан-тўғри очиқ занжирга улаш орқали ўлчанади (204-расм). Очиқ занжирда

### Жавоби қандай?

Нега А ва В нуқтапарнинг потенциаллари айрмасини аслига қайтариш учун ташқи кучларнинг иши керак бўлади (202-расм)?

### Жавоби қандай?

- Нега ток манбаида зарядларни кўчиришда бажариладиган ишни кулон кучлари ҳисобига бажариш мумкин эмас?
- Нега ток манбаидаги ташқи кучларнинг иши занжирнинг ташқи ва ички қисмларидағи кулон кучлари ишларининг ийғиндисига тенг?



204-расм. Ток манбанинг ЭЮК ни ўлчаши



### Ўз тажрибанг

- 204-расмдаги занжирни йигинг. Вольтметрнинг калит уланган ва узилган пайтлардаги кўрсатишини ёзинг. Нега вольтметр кўрсатиши занжир уланганда камаяди?
- Занжирга резисторни ва реостатни кетма-кет уланг. Реостат жилгичини суреб, занжирнинг ташқи ва ички қисмларида кучланишнинг тақсимланишини аниқланг. Олинган натижага қараб хулоса чиқаринг.

ток бўлмайди, демак занжирнинг ташки қисмида кучланиш камаймайди, ички қисмда эса у жуда оз:

$$U_R = 0, U_r = 0$$

Вольтметр қаршилиги чексиз катта, уни ток манбаига қўшиш ток манбайи кутбларининг потенциаллар айримасига амалда таъсир этмайди. Вольтметрдаги кучланиш ЭЮКга тенг:

$$\Phi_A - \Phi_B = \varepsilon$$

*2. Нормал иш режими.* Нормал иш режимидаги калит уланганда  $AB$  нуқталар орасидаги потенциаллар айримаси қўйидагига тенг:

$$\Phi_A - \Phi_B = \varepsilon - U_R$$

ёки

$$\Phi_A - \Phi_B = U_R,$$

Вольтметр занжирнинг ташки қисмидаги кучланишни кўрсатади. Электр кучининг манфий иши таъсирида занжирнинг ички қисмидаги кучланиш тушиши бўлади.

*3. Қисқа туташув режими.* Агар нагрузка қаршилиги чексиз кичик бўлса, унда ток манбайи қисқа туташув режимидаги ишлайди. Занжирнинг ички қисмидаги кучланиш ЭЮКга тенг бўлади:

$$U_R = \varepsilon$$

Ток кучи ток манбаида бирдан ортиб, максимал қийматга етади:

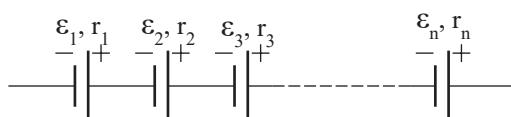
$$I_{\text{к.м.}} = \frac{\varepsilon}{r}$$

Қисқа туташув ва салт юриш режимлари ток манбайнинг энг чекка иш режимлари ҳисобланади.

#### IV Ток манбаларини кетма-кет ва параллел улаш

Ток манбаларини кетма-кет улаганда (*205-расм*) батареянинг ички қаршилиги ҳар бирининг йиғиндиси сифатида аниқланади:

$$\varepsilon_{\text{умумий}} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n.$$



*205-расм.* Ток манбаларининг кетма-кет уланиши

Бу ҳолда батареянинг ЭЮК:

$$\varepsilon_{\text{умумий}} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n.$$

Бирдай ток манбаларини параллел улашда (*206-расм*) батареянинг ЭЮК уларнинг бирининг ЭЮК сифатида аниқланади:  $\varepsilon_{\text{умумий}} = \varepsilon_1$ ,



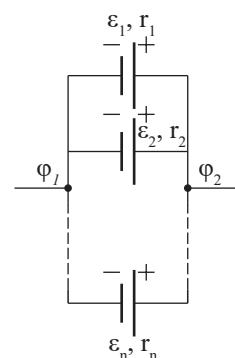
#### Жавоби қандай?

- Нега қисқа туташув ҳодисаси ҳаффи ҳисобланади?
- Нега ток манбайнинг ички қаршилигини занжирдаги ташки қаршиликка қараганда камайтишига ҳаракат қилинади?



#### Жавоби қандай?

Агар ток манбайи ичидаги ток манфий кутбдан мусбат кутбга йўналса, нега занжир қисмининг потенциали ортади?



*206-расм.* Ток манбаларининг параллел уланиши

умумий ички қаршилик эса бир ток манбаи қаршилигининг уларнинг сонига нисбати билан аниқланади:

$$r_{\text{жалпы}} = \frac{r}{n}.$$



### Жавоби қандай?

Нега ток манбаини кетма-кет улаш билан бирга умумий ЭЮК қиймати ортмаслигига қарамай, параллел улаш ҳам қўлланилади?

### Назорат саволлари

- Электр токи мавжудлигининг шартларини атанг.
- Ток манбаларида қандай кучлар зарядларни тақсимлаш ишларини бажаради?
- Ток манбанинг ЭЮК қандай ўлчанади?
- Занжирнинг ички ва ташқи қисмларида кучланиш тақсимланиши қаршиликларга қандай боғлиқ?



### Машқ

37

- Сигими  $C = 100 \text{ мкФ}$  конденсатор,  $U = 300 \text{ В}$  кучланишгача зарядланган. У  $\Delta t = 0,1 \text{ с}$  вактда разрядланади. Конденсатор разрядланишида ток кучининг ўртача қийматини топинг.
- Сигими  $100 \text{ мкФ}$  конденсатор  $0,5 \text{ с}-да 500 \text{ В}$  кучланишгача зарядланади. Ток кучининг ўртача қиймати қандай?
- Батарея аккумулятори бир-бирига кетма-кет уланган  $n = 8$  элементдан иборат. Ҳар элементнинг ЭЮК  $\varepsilon = 1,5 \text{ В}$ , ички қаршиликлар эса  $r = 0,25 \text{ Ом}$ . Ўзаро параллел уланган қаршиликлари  $R_1 = 10 \text{ Ом}$  ва  $R_2 = 50 \text{ Ом}$  икки ўтказгич ташқи занжирни ташкил қиласди. Батарея учларидаги кучланишни аниқланг.
- Ҳар бирининг қаршилиги  $r = 1 \text{ Ом}$  ўнта ток манбаи аввал кетма-кет улаб,  $R$  ташқи қаршиликка қўшилди, кейин шу ташқи қаршиликка параллел уланиб қўшилди. Занжирдаги ток кучи  $5 \text{ марта}$  ортганда  $R$  қаршиликтини аниқланг. Қандай мақсадта ўтказгичлар кетма-кет, қандай мақсадта параллел уланади?
- Уч кетма-кет уланган элементдан иборат икки гурӯҳ параллел уланган. Элементларнинг ҳар бирининг ЭЮК  $1,2 \text{ В}$ , ички қаршилиги  $r = 0,2 \text{ Ом}$ . Ҳосил бўлган батарея  $R = 1,5 \text{ Ом}$  ташқи қаршиликка уланса, ташқи занжирдаги ток кучини аниқланг.

### Ижодий топшириқ

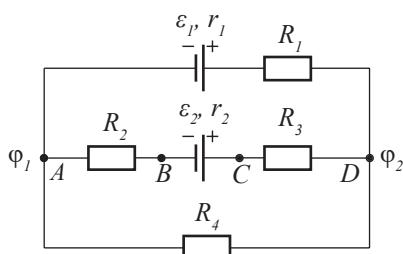
Қўйидаги мавзулар бўйича ахборот тайёрланг (танлов бўйича):

- Ток манбаи билан ишлашда хавфсизлик қоидалари.
- Альтернатив ток манбалари ва улардан фойдаланиш қоидалари.

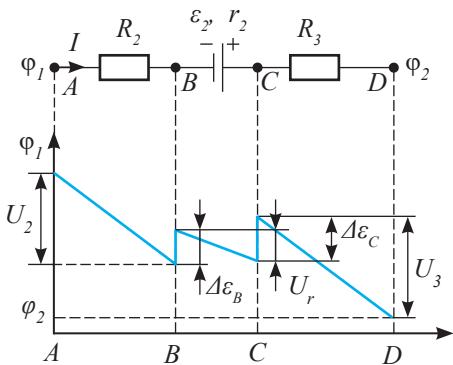
## 38§. Тұлиқ занжир учун Ом қонуни

### Күтиладиган натижә:

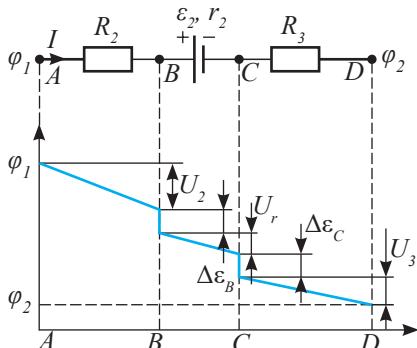
Бу параграфни ўзлаштирганды:  
• тұлиқ занжир учун Ом қонуни күллай оласызлар.



207-расм. Тармақларда ток манбасы бар занжирнинг схемаси



208-расм. Занжирга тұғридан тұғри улаганда ток манбасы құтбларыда күчланишининг сакраши



209-расм. Занжирга тескари уланганда ток манбасы құтбларидаги күчланиши сакраши

### I Ток манбасы бор занжир қисми учун Ом қонуни

Таркибида электр юритувчи кучи  $\varepsilon_2$  ва ички қаршилиги  $r_2$  бўлган ток манбасы бор занжир қисмини қарайлик (207-расм). Кўрсатилган занжир қисмидаги ток чапдан ўнгга оқади, агар  $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$  бўлса, унда  $\varphi_1 > \varphi_2$  бўлади. Кўрсатилган занжир қисмидаги потенциал тушиши  $R_1$ ,  $r_2$  ва  $R_3$  қаршиликлар жойлашган қисмда, потенциалнинг ўсиши эса ток манбасининг қутбларида бўлади. Шунга ўхшаш ҳодисани биз дарёга тўғон қурганда кузатамиз: дарёнинг барча жойларидаги сув сатҳи пасайди, тўғонда эса кўтарилади. 208-расмда ток манбасы қутбларидаги потенциал сакраши ва қаралаётган занжир қисмидаги күчланишининг тушиши кўрсатилган. Қутблардаги потенциал сакраши ток манбасининг электр юритувчи кучига teng:

$$\Delta\varepsilon_b + \Delta\varepsilon_c = \varepsilon_2. \quad (1)$$

Занжир қисми учларидаги потенциаллар айримаси ҳар бир қисмдаги потенциал камайиши ва ток манбасидаги потенциал сакраши йиғиндилиаринг айримасига teng:

$$\Phi_1 - \Phi_2 = (U_2 + U_r + U_3) - \varepsilon_2 \quad \text{ёки} \quad \Phi_1 - \Phi_2 = (IR_2 + Ur_r + IR_3) - \varepsilon_2. \quad (2)$$

Олинган тенгламадан ток кучини ифодалаймиз:

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon_2}{(R_2 + R_3) + r}. \quad (3)$$

(3) ифодани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$I = \frac{U + \varepsilon}{R + r}, \quad (4)$$

бу ердаги  $R$  – занжир қисмининг умумий қаршилиги,  $r$  – занжир қисмидаги ток манбасининг умумий ички қаршилиги,  $U = \varphi_1 - \varphi_2$  – занжир учларидаги потенциаллар айримаси,  $\varepsilon$  – шу қисмидаги ток манбаларининг умумий ЭЮК қиймати.

Олинган формула ток манбасы бор занжир қисми учун Ом қонунини ифодалайди.

Ток манбасини улаганда күтбларнинг ўзгариши күчланиш сакрашининг ҳолатига таъсирини ҳисобга олиш керак. 209-расмда ток манбасы тескари уланганда күчланиш сакраши кўрсатилган. Бунда ток кучи:

$$I = \frac{U - \varepsilon}{R + r} \quad (5)$$

Ток манбаида потенциалнинг кескин пасайиши дарёлардаги шаршараларда сув сатхининг пасайишига ўхшайди.

## II Умумлашган Ом қонунининг баъзи ҳоллари. Тўлиқ занжир учун Ом қонуни

- (4) тенгламани занжир қисмида ток манбаи йўқ

$$\text{ҳол учун ёзайлик. } \varepsilon = 0, r = 0 \text{ эканидан, } I = \frac{U}{R}.$$

Биз содда занжир қисми учун Г.Ом ифодалаган қонунни олдиқ.  $R_4$  қаршилиги бор тармоқ учун (209-расм) оддий занжир қисми учун Ом қонунини кўллаш мумкин:

$$I_4 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R_4} = \frac{U}{R_4}.$$

- 206-расмда кўрсатилган занжир қисми учларини кўшсак, берк занжир оламиз (210-расм).  $A$  ва  $D$  нуқталар потенциаллари тенг бўлади, унда  $U = \varphi_1 - \varphi_2 = 0$  (4) формула ушбу кўринишга келади:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}. \quad (6)$$

Олинган ифода тўлиқ занжир учун Ом қонуни деб аталади.

**Занжирдаги ток кучи ток манбайнинг электр юритувчи кучига (ЭЮК) тўғри пропорционал, ташқи ва ички қаршиликлар ийғиндисига тескари пропорционал.**

## III Тўлиқ занжир учун Ом қонунининг натижалари

(6) дан

$$\varepsilon = IR + Ir$$

ёки

$$\varepsilon = U_R + U_r \quad (7)$$

екани чиқади.

ЭЮК деганимиз зарядни кўчишида бажариладиган ташқи кучларнинг иши бўлгани учун, (7) тенгламадан қўйидаги хулоса чиқади: *ташқи кучлар занжирнинг ички қисмида ҳам, ташқи қисмида ҳам иши бажаради.*

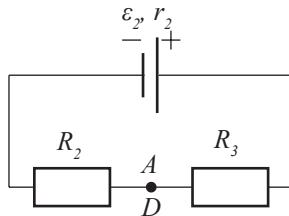
Ички қаршилиknинг  $r \rightarrow 0$  кичик қийматларида ток манбайнинг барча энергияси занжирнинг ташқи қисмига сарфланади,  $\varepsilon = U$ . ички қаршилиknинг кичик қийматлари ва нагрузка бўлмаса  $R = 0$  берк

### Жавоби қандай?

Тармоққа уланган ток манбаи занжирдаги ток кучига қандай таъсир қиласди?

### Бу қизиқ!

Чет элларда, Франция ва Англияда Омнинг ишларига кўп вақт эътибор берилмади. 10 йилдан кейин француз физиги Пулье экспериментда Ом олган натижаларни олди. Француз мактабларида Ом қонуни Пулье қонуни деган ном билан ўқитилади.



210-расм. Ток манбаи берк занжир

### Мухим ахборот

Инсон ҳәсти учун хавфли ток кучи 0,05 А. Одам кўллари орасидаги қаршилик одамнинг ҳолатига қараб 800 Омгача пасайиб, ўзгариб туради. Бундан 40 В кучланиш ҳам инсон ҳәётига катта хавф солиши кўринади.

### Жавоби қандай?

Нега  $A$  ва  $D$  нуқталардаги потенциалларни кўшганда улар тенглешади?

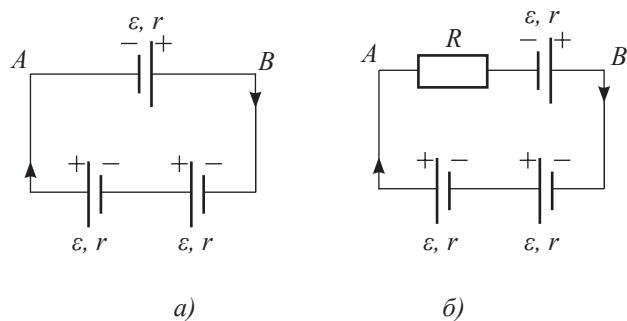
занжирдаги ток күчининг қиймати кескин ортади, қисқа туташув юзага келади. Занжирдаги ток күчи катта қийматларга эга бўлади:

$$I_{\text{к.т.}} = \frac{\varepsilon}{r}, \quad (8)$$

Бу ўтказгичларнинг, улаш симларининг қаттиқ қизишига ва ёнгин хавфига олиб келади.

### МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Хар бирининг ЭЮК  $\varepsilon$ , ички қаршилиги  $r$  учта бирдай ток манбаи  $I$  а) расмда кўрсатилгандек уланган. Улаш симлари қаршилигини ҳисобга олмай,  $A$  ва  $B$  нуқталари орасида қаршилиги  $R$  резистор жойлашган ҳолда  $A$  ва  $B$  нуқталари орасидаги потенциаллар айирмасини аниқланг ( $I$  б) расмни қаранг).



*1-расм.*

**Берилган:**

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon$$

$$r_1 = r_2 = r_3 = r$$

$$R$$

$$\varphi_A - \varphi_B = ,$$

**Ечиш:**

$$\text{Tўлиқ занжир учун Ом қонунига кўра: } I = \frac{3\varepsilon}{3r} = \frac{\varepsilon}{r}.$$

$$\text{Унда } \Delta\varphi_1 = \varphi_A - \varphi_B = Ir - \varepsilon = 0.$$

$A$  ва  $B$  нуқталари орасида резистор бўлганда

$$I = \frac{3\varepsilon}{3r + R} \text{ ва } \Delta\varphi_2 = \varphi_A - \varphi_B = \frac{3\varepsilon}{3r + R}(r + R) - \varepsilon = \frac{2\varepsilon R}{R + 3r}.$$

**Жавоби:** 0;  $\frac{2\varepsilon R}{R + 3r}$ .

### Назорат саволлари

- Ток манбаи бор занжир қисми учун, Ом қонунини таърифланг.
- Қандай ток қисқа туташув токи деб аталади?
- Занжирнинг ички ва ташки қисмларидаги кучланишнинг тақсимланиши қаршиликларга қандай боғлиқ?



- Батареяниң ЭЮК  $\varepsilon = 4,5$  В, ички қаршилиги  $r = 2$  Ом. Батарея қаршилиги  $R = 7$  Ом резисторга уланган. Занжирдаги ток кучини ва батарея қисқичларидаги күчланишни аниқланг.
- ЭЮК  $\varepsilon = 1,1$  В ток манбаига уланган қаршилиги  $R = 2$  Ом ўтказгичнинг ток кучи  $I = 0,5$  А. Ток манбаи қисқа туташгандаги ток кучини аниқланг.
- Ток манбаи ва  $R_1 = 4$  Ом қаршилиги бор занжирдаги ток кучи  $I_1 = 0,2$  А. Таşқи қаршилик  $R_2 = 7$  Ом бўлганда занжирдаги ток кучи  $I_2 = 0,14$  А. Агар ток манбаи қисқа туташса, занжирдаги ток кучи нимага teng?
- Ток кучи  $I_1 = 1,5$  А бўлганда занжир қисмидаги күчланиш  $U_1 = 20$  В,  $I_2 = 0,5$  А ток кучида шу занжир қисмида күчланиш  $U_2 = 8$  В. Шу қисмга таъсир этувчи ЭЮК нимага teng?
- Ички қаршилиги 2 Ом ва ЭЮК 12 В аккумуляторга икки бирдай лампа параллел уланган. Лампаларнинг биридаги ток кучи 1 А. Агар иккинчи лампа куйиб қолса, биринчи лампа орқали ўтувчи ток кучини аниқланг.
- Автомобиль ҳайдовчиси машинасидаги ЭЮК-ни ўлчаш учун аккумулятор, ЭЮК 2 В ток манбаи ва амперметрлар кетма-кет уланган берк занжир йиғди. Шу пайтда амперметр кўрсатиши 1 А бўлди. Аккумуляторнинг улаш қутбини ўзгартирганда занжирдаги ток йўналиши ўзгарди ва қиймати 0,75 А бўлди. Аккумуляторнинг ЭЮК-ни аниқланг.
- Плеерни улаганда ток манбайнинг қисқичларидаги күчланиш 2,8 В. Элементлар батареясининг ЭЮК 3 В, ички қаршилиги 1 Ом. Занжирдаги ток кучини аниқланг. Ток манбайнинг ташқи күчлари 5 минутда қанча иш бажаради? Занжирнинг ташқи ва ички қисмларидаги токни иши қандай?

### Ижодий топшириқ

Ахборот тайёрланг:

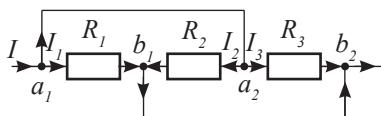
Электр занжиридаги қисқа туташувнинг сабаблари ва оқибатлари.

## 39δ. Кирхгоф қонунлари

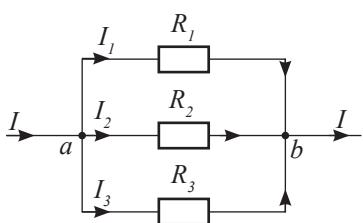
### Күтиладиган натижә:

Бу параграфни ўзлаштирганды:

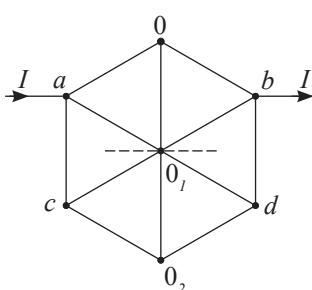
- Кирхгоф қонунини тармоқланган электр занжирiga күллай оласиз.



211-расм. Тармоқланган занжир схемаси



212-расм. 211-расмдаги занжирга эквивалент занжир схемаси



213-расм. 0, 0<sub>p</sub>, 0<sub>1</sub>, 0<sub>2</sub> потенциаллы нүкталарга нисбатан симметрик занжирининг схемаси

### I Тармоқланган занжир қаршиликларини ҳисоблаш. Бирдей потенциалли тугунлар

Электр занжирлари тармоқланган ва тармоқланмаган бўлади. Тармоқланмаган занжирнинг барча кетма-кет улган қисмларида занжир элементларидан бирдей ток ўтади. Тармоқланган занжирда ўтказгичларни кетма-кет улаш ҳам, параллел улаш ҳам учрайди, занжир элементларини улаш аралаш бўлади.

Тармоқланган занжирлар учун қуидаги тушунчалар қўлланилади: тармоқ, тугун, контур.

Тармоқ фақат битта ток ўтадиган занжир қисми, у кетма-кет уланган ўтказгичлардан ва ток манбаидан иборат.

Тугун – уч ёки ундан да кўп тармоқларнинг уланиши жойи.

Контур – исталган занжир элементларининг ёпиқ уланиши, уни бир неча тармоқлари бўйича айланаб ўтиши мумкин.

Мураккаб тармоқланган занжирларнинг қаршиликларини ҳисоблашда қуидаги қоидаларга амал килинади:

- бирдей потенциалли нүкталарни бир тугунга улаши мумкин;
- бир тугунга уланган тармоқларни тармоқланган занжирнинг симметрия чизиқларидан ажратиш мумкин;
- бирдей потенциалли тугунларга уланган ўтказгичлар токка қаршилик келтирмайди, занжирнинг умумий қаршилигини ҳисоблашида уларни эътиборга олмаса бўлади.

Юқоридаги қоидалар қўлланганда занжир анча соддалашади, занжир тармоқлардаги токлар эса аввалгидай қолади.

211-расмда кўрсатилган занжир қисмининг қаршилигини аниқлайлик. Чизмада тўрт тугун  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  кўрсатилган.  $a_1$  ва  $a_2$  тугунларининг потенциаллари тенг, олар ўзаро сим билан уланган, сим қаршилигини эътиборга олмаса бўлади.  $b_1$  ва  $b_2$  нүкталари ҳам бирдей потенциалга эга. Қаршилиги жуда кичик улаш симларининг узунлигини қисқартириб, икки тугунгача ихчамланган схема оламиз. Занжир ўтказгичларнинг параллел уланишини кўрсатади (212-расм).

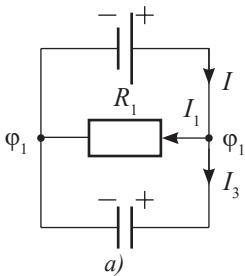
213-расмда кўрсатилган симдан ясалган фигурада бирдей потенциалли  $0$ ,  $0_1$ ,  $0_2$  нүкталар симметрия ўки бўйлаб жойлашган, демак  $0_10_2$  ва  $0_10_2$  ўтказгичлар

орқали ток ўтмайди, уларни олиб ташлашга бўлади, 0<sub>1</sub> тугуни ток ҳаракати йўналиши бўйича силжитилади. 214-расмда кўрсатилган эквивалент схемани оламиз. Бундай занжирда ҳисоблашлар ўтказгичларни кетма-кет ва параллел улаш формулаларини кўллаш орқали бажарилади.

## II Доимий ток занжиридаги индуктив ғалтак ва конденсатор

Индуктив ғалтагининг актив қаршилиги кичик  $R_L \rightarrow 0$ . Уни доимий ток манбаига тўғридан-тўғри улаганда қисқа туташув юзага келади. Ғалтак қаршилиги уни занжирга уланган ва узган пайтда ортади, шу пайтда ток кучи ортади ёки камаяди, занжирда ўзиндукия ходисаси кузатилади.

Конденсатор диэлектрик билан ажратилган икки ўтказгич пластина ҳисобланади. Конденсаторни доимий ток манбаига улаганда занжирда зарядланиш токи пайдо бўлади. Конденсатор қопламалари орасидаги потенциаллар айрмаси ток манбаининг ЭЮК тенг бўлганда ток тўхтайди (215-расм). Тармоқланган занжирда конденсатор ўзи уланган тугунлар орасидаги потенциаллар айрмасигача зарядланади (216, а) расм). Ток манбадан ажратганда у тўлиқ разрядлангунча берк контурда ток ўтиб туради (216, б) расм).



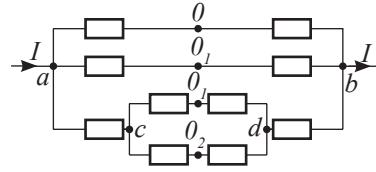
216-расм. а) зарядлаш режимидағи конденсатор  $U_c = \phi_1 - \phi_2$   
б) заряднинг битиш режимидағи конденсатор.

## III Кирхгоф қонунлари

Жуда мураккаб занжирларни, масалан ЭЮК турлича бир неча ток манбаларидан иборат занжирларни, Кирхгоф қонулари асосида ҳисоблайди.

Кирхгофнинг биринчи қонуни заряднинг сақланиш қонунининг натижаси ҳисобланади, унга кўра ўтказгичнинг ҳеч бир нуқтасида заряд тўпланмаслиги ва йўқолиб кетмаслиги керак:

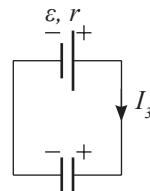
Тугунда тўпланган ток кучининг алгебраик йиғиндиси нолга тенг.



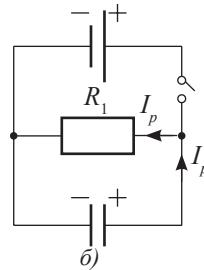
214-расм. 213-расмдаги занжирга эквивалент занжир схемаси

### Жавоби қандай?

Нега занжирнинг умумий қаршилигини ҳисобланада ўтказгич симлар қаршилиги эътиборга олинмайди?



215-расм.  $U_c = \epsilon$  Доимий ток манбаидан конденсаторнинг зарядланиши



$$\sum_{i=1}^n I_i = 0.$$

Агар ток тугунга кириб келаётган бўлса, унда ток кучини катталиги бўйича мусбат деб, агар тугундан чиқиб кетаётган бўлса уни манфий деб олинади.

Кирхгофнинг иккинчи қонуни Ом қонунининг умумлашгани ҳисобланади:

**Исталган берк контурдаги кучланиш тушишларининг алгебраик йиғиндиши шу контурдаги ток манбаларининг ЭЮК лари йиғиндисига teng.**

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = \sum_{i=1}^n I_i R_i,$$

бу ердаги  $k$  – ток манбалари сони,  $n$  – ўтказгичларнинг сони.

#### IV Кирхгоф қонунларидан фойдаланиб, масала ечиш алгоритми

Алгоритмдан фойдаланиш занжирни характерловчи асосий катталиклар формулаларининг ёзилишини анча соддалаштиради:

1. Занжир схемаси бўйича исталган йўналишда контур токи йўналиши танланади ва тармоқлардаги токлар йўналишлари кўрсатилади.
2. Тугуллар учун Кирхгофнинг биринчи қонуни ёзилади: агар занжир  $n$  тугундан иборат бўлса, унда токлар учун  $n - 1$  та тенглама ёзилади.
3. Кирхгофнинг иккинчи қонунини қўллаганда, тенглама тузиладиган ҳар бир янги контурга олдинги контурларга кирадиган энг камидаги битта янги тармоқ киритилиши керак.
4. Агар резистор орқали ўтадиган ток йўналиши контур токи йўналиши билан мос келса, унда резистордаги кучланишни мусбат деб ҳисоблади ва аксинча: агар резистор орқали ўтвучи ток йўналиши контур токи йўналиши билан мос келмаса, унда ундаги кучланишнинг тушиши манфий бўлади.
5. Агар контурни айланиб чиқиш йўналиши бўйича ток манбайнинг ЭЮК потенциални орттирса, унда унинг қиймати мусбат деб олинади. Бунда ток манбайнин айланиб чиқиш ток манбайнинг манфий қутбидан мусбат қутбига томон йўналади, тескари ҳолда – ЭЮК манфий деб ҳисобланади.

Агар ток кучи учун манфий натижа чиқса, унда шу қисмдаги ток йўналиши танлаб олинган йўналишга қараша-қарши эканини билдиради.

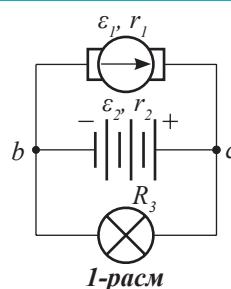


#### Эсада сақланг!

Агар ток кучи учун манфий натижа олинса, унда занжирнинг шу қисмда токнинг йўналиши тескари йўналишда бўлади.

#### МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

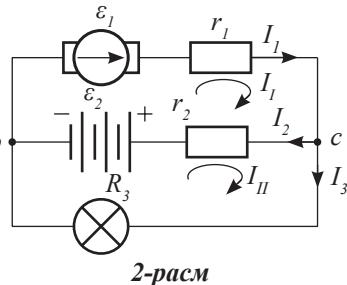
ЭЮК  $\varepsilon_1 = 12$  В ва ички қаршилиги  $r_1 = 0,1$  Ом ўзгармас ток генератори ЭЮК  $\varepsilon_2 = 10$  В ва ички қаршилиги  $r_2 = 0,5$  Ом аккумулятор батареяси билан зарядланади (*I-расм*). Батареяга параллел қаршилиги  $R_3 = 3$  Ом лампа уланган. Аккумулятор батареяси ва лампадаги токни аниқланг.



**Берилган:**  
 $\varepsilon_1 = 12$  В  
 $r_1 = 0,1$  Ом  
 $\varepsilon_2 = 10$  В  
 $r_2 = 0,5$   
 $R_3 = 3$  Ом

**Топиш керак:**  
 $I_1, I_3 - ?$

**Ечиш:**  
 Токлар ва ЭЮК белгиланган эквивалент схемани ясаймиз. Ток йүналишлари 2-расмда күрсатылғандай бўлсин. Берилган масалани Кирхгоф қонуларини қўллаб ечамиз. I ва II контурларни соат стрелкаси йўналишида айланиб чиқамиз. c тугун учун Кирхгофнинг биринчи қонунини қўлласак:  
 $I_1 - I_2 - I_3 = 0$  ёки



$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (1)$$

I контур учун Кирхгофнинг иккинчи қонунини қўллайлик:

$$I_1 r_1 + I_2 r_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \quad (2)$$

II контур учун:

$$I_2 r_2 + I_3 r_3 = \varepsilon_2 \quad (3)$$

(1) ва (2) тенгламаларни бирга ечиб, қуидаги ифодани оламиз:

$$I_2(r_1 + r_2) + I_3 r_1 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$$

$$\text{бундан } I_3 = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) - I_2(r_1 + r_2)}{r_1}. \quad (4)$$

Олинган ифодани (3)га қўйиб, қуидаги ифодани оламиз:

$$\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) - I_2(r_1 + r_2)}{r_1} R_3 - I_2 r_2 = \varepsilon_2,$$

$$\text{бундан } I_2 = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) R_3 - \varepsilon_2 r_1}{(r_1 + r_2) R_3 + r_1 r_2}$$

$$I_2 = \frac{(12 - 10) \cdot 3 - 10 \cdot 0,1}{(0,1 + 0,5) \cdot 3 + 0,1 \cdot 0,5} = 2,7(A).$$

Олинган  $I_2$  токнинг катталигини (4) формулага қўйиб,  $I_3$  ни топамиз:

$$I_3 = \frac{(12 - 10) - 2,7 \cdot (0,5 + 0,1)}{0,1} = 3,8(A).$$

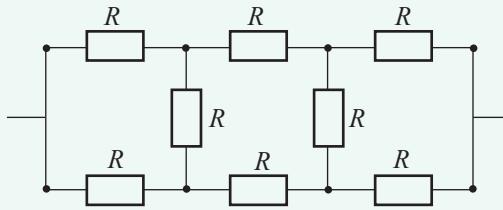
**Жавоби:**  $I_2 = 2,7$  А,  $I_3 = 3,8$  А

### Назорат саволлари

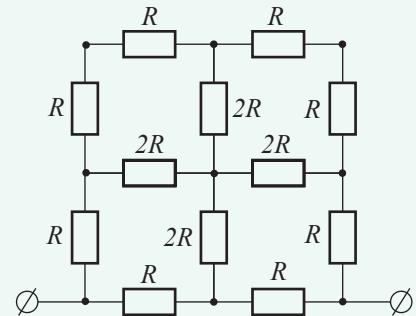
1. Тармоқланган занжирдаги тугун, тармоқ, контур деганимиз нима?
2. Тармоқланган занжирнинг умумий қаршилиги қандай аниқланади?
3. Кирхгоф қонунини таърифланг.
4. Қандай шарт бажарилганда ток манбайнинг ЭЮК-и мусбат ишорали бўлади?  
Қандай шартда манфий бўлади?
5. Қандай ҳолда қаршиликдаги қучланиш тушиши манфий, қандай ҳолда мусбат?



- Агар  $R = 9$  Ом бўлса, унда 217-расмда кўрсатилган занжирнинг умумий қаршилиги қандай?
- Агар  $R = 5$  Ом бўлса, унда 218-расмда кўрсатилган занжирнинг умумий қаршилиги қандай?

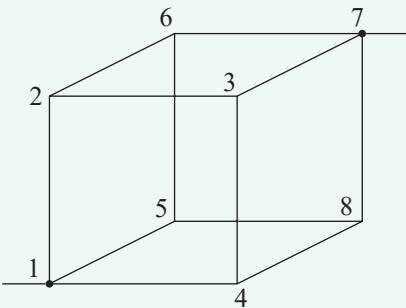


217-расм. 39-машқнинг  
1-масаласига

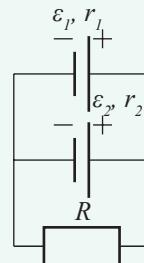


218-расм. 39-машқнинг  
2- масаласига

- Куб шаклидаги (219-расм) сим каркас занжирнинг 1 ва 7 нуқталаридан манбага улаганда куб қаршилигини аниқланг. Каркаснинг ҳар бир қиррасининг қаршилиги  $R = 0,3$  Ом.

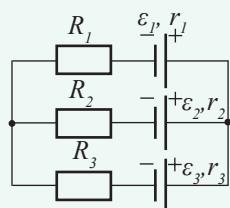


219-расм. машқнинг 3-масаласига



220-расм. 39-машқнинг 4-масаласига

- ЭЮК  $\varepsilon_1 = 10$  В ва  $\varepsilon_2 = 8$  В ва ички қаршилиги  $r_1 = 1$  Ом ва  $r_2 = 2$  Ом икки батарея 220-расмда кўрсатилгандай қаршилиги  $R = 6$  Ом резистор билан кетма-кет уланган. Резистор орқали ўтаётган ток кучини аниқланг.
- ЭЮК  $\varepsilon_1 = 1,5$  В,  $\varepsilon_2 = 2$  В,  $\varepsilon_3 = 2,5$  В учта батарея  $R_1 = 10$  Ом,  $R_2 = 20$  Ом ва  $R_3 = 30$  Ом қаршиликларга 221-расмда кўрсатилгандек уланган.  $R_1$  резистор орқали ўтадиган ток кучини аниқланг. Батареяларнинг ички қаршиликларини хисобга олманг.



221-расм. 39-машқнинг  
5-масаласига

## 40§. Электр токининг иши ва қуввати. Джоуль-Ленц қонуни. Ток манбанинг фойдали иш коэффиценти

### Кутиладиган натижаси:

Бу параграфни ўзлаштиргандага:

- Масала ечишда иш, қувват ва фойдали иш коэффициентини ҳисоблаш формулаларини қўллай оласиз.

### Эсга туширинг!

Иш – энергиянинг бир турдан иккичи турга айланishi ўлчови.

### Эсада сақланг!

Берк электр занжирида энергия икки марта турланади. Ток манбаида электрик эмас энергия электр энергияга айланади. Ташки занжирдаги электр энергияси қайтадан энергиянинг бошқа турларига айланади.



**222-расм.** Электр энергиясининг ҳисоблагачи.  
Қозогистон маҳсулоти,  
Алмати шаҳри  
("Saiman" ЖШС)

### I Занжирдаги доимий токнинг иши

Токнинг иши электр майдони кучи таъсирида зарядларнинг ўтказгич бўйлаб йўналган кўчишига асосланган.

**Токнинг иши – электр майдони кўчирган заряднинг ўтказгичнинг шу қисмидаги кучланишга кўпайтмасига тенг бўлган физик катталик.**

$$A = q(\phi_1 - \phi_2) = qU \quad (1)$$

Исталган вақт оралиғида кўчган заряд миқдори ток кучига боғлиқ:

$$q = It$$

Шу нисбатни фойдаланиб, (1) тенгликдан куйидаги ифодани оламиз:

$$A = UIt \quad (2)$$

Занжир қисми учун Ом қонуни асосида (2) формулани ушбу кўринишда ёзмиз:

$$A = I^2 R t \quad (3)$$

$$A = \frac{U^2}{R} t. \quad (4)$$

(3) муносабат ўтказгичларни кетма-кет улаганда, (4) муносабат ўтказгичларни параллел улаганда ток ишини ҳисоблашга қулай.

### II Ток ишини ўлчаш

Ток ишини уч асбобдан фойдаланиб ўлчашга бўлади: вольтметр, амперметр ва соат.

Турмушда ток иши электр энергияси ҳисоблагичларида (222-расм) ўлчанади, унда ишнинг системадан ташқари ўлчов бирлиги 1 кВт · соат.

Электр энергиясининг қийматини тарифнинг маълум қиймати бўйича куйидаги формула орқали хисоблайди:

$$C_m = TA$$

бу ердаги  $C_m$  – электр энергиясининг қиймати,  $T$  – тариф – 1 кВт · соат энергия нархи.

### 1-топшириқ

Электр занжирида энергияни икки марта турланишига мисол келтиринг.

### III Ток қуввати

Ток қуввати – зарядни күчиришда иш бажарып жадаллигини характерловчи физик катталик.

$$P = \frac{A}{t}. \quad (5)$$

(2), (3) ва (4) формулаларни (5) ифодага қўйиб, берк занжирнинг ташки кисмидаги ток қувватини ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$P = UI; \quad P = \frac{U^2}{R}; \quad P = I^2 R. \quad (6)$$

Тўлиқ занжир учун электр токининг қуввати:

$$P = \frac{\varepsilon^2}{(R + r)^2} \cdot R. \quad (7)$$

Ток қувватини амперметр ва вольтметр ёки ваттметр ёрдамида аниқлади. «Медсервис» компаниясининг замонавий асбоби электр занжирини характерловчи олти катталикни ўлчайди: ток кучи, кучланиш, қувват, қувват коэффициенти, тармоқдаги ток частотаси ва йиллик қувватни (223-расм).

### IV Ток манбайнинг иши ва қуввати

Занжирдаги тўлиқ иши – ташки кучларнинг иши, у кўйидагига teng:

$$A_{\text{о.к}} = q\varepsilon \text{ ёки } A_{\text{о.к}} = Iet.$$

Тўлиқ занжир учун Ом қонунини ҳисобга олиб,

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \text{ келаси формулани оламиз:}$$

$$A_{\text{о.к}} = \frac{\varepsilon^2}{R + r} \cdot t$$

ёки  $A_{\text{о.к}} = I^2(R + r)t$ .

Занжирнинг тўлиқ қувватини кўйидаги формулалар бўйича аниқлашга бўлади:

$$p_{\text{тол}} = \frac{A_{\text{о.к}}}{t}, \quad p_{\text{тол}} = I\varepsilon, \quad p_{\text{тол}} = \frac{\varepsilon^2}{R + r}, \quad p_{\text{тол}} = I^2(R + r).$$

#### 2-топшириқ

Сизнинг турар жойингизда электр энергиясининг қандай тўлов тарифлари борлигини аниқланг. Нега энергияни кўп сарфлаган сайн нархи ҳам ошаверади?

#### Эсга туширинг!

Электр токи ишининг ўлчов бирлиги – джоуль.

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ В} \cdot \text{А} \cdot \text{с} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с}.$$

Электр токи ишининг кўшимча ўлчов бирлиги ва джоуль орасидаги боғланиш:

$$1 \text{ Вт} \cdot \text{с} = 1 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ Вт} \cdot \text{саf} = 3600 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{саf} = 3600000 \text{ Дж}$$

$$= 3,6 \text{ МДж}$$

Кувватнинг ўлчов бирлиги – ватт:

$$[P] = 1 \text{ Вт} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ В}.$$



#### 3-топшириқ

Электр манбайнинг иши ва қувватини ҳисоблаш формуласини ташки кучларнинг иши ва қувватини ҳисоблаш формуласи билан солиширинг. Бу формулаларнинг фарқлари нимада?

223-расм. Қозогистанда чиқкан ваттметр асбоби.

Алмати шаҳри

## V Ток манбанинг ФИК

Фойдали иш коэффициенти – фойдали ишининг тўлиқ ишига нисбати. Электр занжири учун фойдали иш – электр майдонининг иши, тўлиқ иш эса – ташки кучларнинг иши, шунда ушбу муносабат бажарилади:

$$\eta = \frac{A}{A_{m.k}} = \frac{UIt}{\varepsilon It} = \frac{P}{P_{m.y.l}} = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{IR}{I(R+r)} = \frac{R}{R+r},$$

Фойдали иш коэффициентини қўйидаги формулаарнинг исталган бирор орқали хисоблаш мумкин:

$$\eta = \frac{A}{A_{m.k}}, \eta = \frac{P}{P_{m.y.l}}, \eta = \frac{U}{\varepsilon}, \eta = \frac{R}{R+r}.$$

## VI Джоуль-Ленц қонуни

**Ўтказгичда ажраладиган иссиқлик миқдори ундан ўтаётган ток кучининг квадратига, ўтказгич қаршилигига ва токнинг ўтиш вақтига тўғри пропорционал.**

$$Q = I^2 R t \quad (8)$$

Занжирда токнинг факат иссиқлик таъсиригина қузатилган ҳолда, иссиқлик миқдори иш каби энергиянинг сақланиш қонунига зид келмайди. Джоуль-Ленц қонунидан келаси холоса чиқади, ўтказгичларни кетма-кет улаганда энг кўп иссиқлик миқдори энг катта қаршиликли ўтказгичда ажралади:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}.$$

Ўтказгичларни параллел улаганда улардаги ток кучи турлича, шу сабабли мана бу формулани қўллаган қулай бўлади:

$$Q = \frac{U^2}{R} t.$$

Унда ўтказгичларда ажраладиган иссиқлик миқдори уларнинг қаршиликларига тескари пропорционал:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

Олинган муносабатдан қувватли асбобларнинг қаршилиги кичик бўлиши кераклиги чиқади. Ўтказгичларни параллел улаганда энг кўп иссиқлик миқдори қаршилиги кичик ўтказгичда ажралади.

### Жавоби қандай?

1. Ток манбанинг ФИК-и нега 100%дан ортмайди?
2. Нега электротехникада ток манбанинг ички қаршилигини ташки занжирдагига қараганда камайтиришига ҳаракат қилинади?

### Эсга туширинг!

8-синф курсидан занжирдаги ток таъсири Джоуль-Ленц қонунига кўра аниқланиши маълум. Бу қонун бир-биридан мустақил ҳолда тажриба ўтказиб, бирдай холосага келишган инглиз олимни Д.Жоуль ва рус олимни Э.Ленц хурматига шундай аталади.

### Жавоби қандай?

1. Нега занжирдаги ташки қаршиликини бироз орттирганда ток қуввати камаяди?
2. Нега катта қувватга мўлжалланган лампа занжирда хира ёнади?
3. Нега электр лампасига ток келаётган сим қизимайди, лампанинг спирал толаси эса оқаргунча қизиыйди?
4. Нега сув қайнатгични ток манбага улаб тез сувга солмасак куйиб қолади?

### Эсда сақланг!

Катта қувватли асбобларнинг қаршиликлари оз бўлади.

## Назорат саволлари

1. Тўлиқ занжирда энергиянинг қандай айланишлари рўй беради?
2. Электр токининг иши ва қуввати қандай аниқланади?
3. Токнинг иши ва қуввати қандай асбобларда ўлчанади?
4. Занжирдаги ички ва ташки қаршиликларнинг қандай нисбатида унинг ташки қисмида ток қуввати энг катта қийматга эга бўлади? Бундай режимда ишловчи манба қаерда фойдаланилади? У қандай аталади?
5. Занжирдаги тўлиқ иш нимага тенг?
6. Электр занжирининг ФИК-и қандай аниқланади?
7. Ўтказгичларни кетма-кет улаганда ўтказгичларнинг қайси бирида ажрала-диган иссиқлик миқдори катта бўлади? Параллел улагандачи?

## ★ Машқ

40

1. Агар лампадаги ток қути  $I = 0,5$  А, қучланиш эса  $U = 220$  В бўлса,  $t = 1$  соатда электр лампанинг толаси қандай иссиқлик миқдори ажратади?
2. Агар занжирдаги кучланиш  $U = 220$  В, ток қути  $I = 8$  А бўлса, идишдаги ҳажми  $V = 1$  л сувни  $t_1 = 20$  °C ҳароратдан қайнашгacha етказиш учун уни қанча вақт иситиш керак?
3. Электр плитасининг бир-бири билан параллел уланган, ҳар бирининг қаршилиги  $R = 120$  Ом учта спирали бор. Плитани қаршилиги  $R = 50$  Ом резисторга кетма-кет улади. Плитканинг бир спирали куйиб қолса, суви бор чойнакни қайнатиш вақти қандай ўзгаради?
4. Қуввати  $P = 500$  Вт лампа  $U_0 = 220$  В кучланишга мўлжалланган. Лампанинг қувватини ўзгартирамай, уни кучланиши  $U = 220$  В бўлган занжирга қўшишга имкон берадиган қўшимча қаршиликни аниқланг.
5. Электр сув қайнатгичнинг икки ўрами бор. Уларнинг бирини улаганда идишдаги сув  $t_1 = 5$  мин да қайнайди, иккинчисини улаганда  $t_2 = 15$  мин кейин қайнайди. Агар унинг икки ўрами: а) кетма-кет; б) параллел улансан, сув қанча вақтдан кейин қайнайди?
6. Қаршилиги  $R$  резисторни ток манбаига улаганда унинг ФИК  $\eta = 20\%$ . Шундай резисторларни улаганда қувват энг катта қийматга эга бўлиши учун, резисторларнинг нечтасини олиш керак ва уларни қандай улаш керак?
7. Агар қисқа туташув токи  $I = 1$  А бўлса, занжирдаги ток қути  $I = 0,8$  А бўлганда ток манбанинг ФИК қандай?

## 11-бобнинг хулосаси

Электр занжирини характеристиковчи катталиклар	Доимий ток қонунлари	
Ток кучи $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ , $\Delta q =  q_0 N$	Занжир кисми учун Ом қонуни $I = \frac{U}{R}$	Кирхгоф қоидаси $\sum_{i=1}^n I_i = 0$
Ток зичлиги $j = \frac{I}{S}$ .	$I = \frac{U \pm \varepsilon}{R + r}$ .	$\sum_{i=1}^k \varepsilon_i = \sum_{i=1}^n I_i R_i$ .
Қаршилик $R = \rho \frac{l}{S}$ .	Тўлиқ занжир учун Ом қонуни $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$	Джоуль-Ленц қонуни $Q = P R t$
Кучланиш $U = \frac{A}{q}$	$\varepsilon = U_r + U$	
Электр юритувчи куч $\varepsilon = \frac{A_{m.k.}}{q}$ .	Қиска туташув токи $I_{k.m.} = \frac{\varepsilon}{r}$ .	
Ўтказгичларни улашда катталикларнинг нисбати		Ток манбаларини улаш
кетма-кет	параллел	
$I_{\text{умумий}} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$	$I_{\text{умумий}} + I_1 + I_2 + \dots + I_n$	кетма-кет
$U_{\text{умумий}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$	$U_{\text{умумий}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n$	$\varepsilon_{\text{умумий}} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n$
$R_{\text{умумий}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$	$\frac{1}{R_{\text{умумий}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$	$r_{\text{умумий}} = r_1 + r_2 + \dots + r_n$
$R_{\text{умумий}} = nR$	$R_{\text{умумий}} = \frac{R}{n}$	параллел
$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$	$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	$\varepsilon_{\text{умумий}} = \varepsilon_1$
	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$	$r_{\text{умумий}} = \frac{r}{n}$
Ток ва ташқи кучларнинг иши	Ток қуввати	ФИК
Ток иши $A = q(\phi_1 - \phi_2) = qU$	Ток қуввати $P = \frac{A}{t}, P = UI$	$\eta = \frac{A}{A_{m.k.}}$ ,
$A = UIt$	$P = \frac{U^2}{R}, P = I^2 R$	$\eta = \frac{P}{P_{m.y.t.}}$ ,
$A = P R t$	$P = \frac{\varepsilon^2}{(R + r)^2} \cdot R$	$\eta = \frac{U}{\varepsilon}$ ,
$A = \frac{U^2}{R} t$	Занжирнинг тўлиқ қуввати $P_{\text{умумий}} = \frac{A_{m.k.}}{t}$ ,	$\eta = \frac{R}{R + r}$
Ташқи кучларнинг иши $A_{m.k.} = q\varepsilon$	$P_{\text{умумий}} = I\varepsilon$ ,	
$A_{m.k.} = Iet$	$P_{\text{умумий}} = \frac{\varepsilon^2}{R + r}$ ,	
	$P_{\text{умумий}} = I^2(R + r)$ .	

## Қонунлар, қоидалар

**Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни:**

Занжир қисмидаги ток кучи унга туширилган кучланишга тұғри пропорционал ва қаршиликка тескари пропорционал.

**Тұлиқ занжир учун Ом қонуни:**

Занжирдаги ток кучи ток манбайнинг ЭЮК-ига тұғри пропорционал, ташқи ва ички қаршиликларининг йиғиндисига тескари пропорционал.

**Джоуль-Ленц қонуни:**

Үтказгичда ажраладын иссиклик миқдори үтказгич орқали үтувчи ток кучининг квадратига, үтказгич каршилигига ва токнинг ўтиш вактига тұғри пропорционал.

**Кирхгоф қоидаси:**

- Тугунда тұпланған ток кучларининг алгебраик йиғиндиси нолға тенг.
- Исталған берк контурдаги қаршиликларда кучланиш тушишларининг алгебраик йиғиндиси шу контурдаги ток манбаларининг ЭЮК-лари йиғиндисига тенг.

## Глоссарий

**Тармоқ** – фақат битта ток үтадын занжир қисми, у кетма-кет уланған үтказгичлардан ва ток манбайдан иборат.

**Қўшимча қаршилик** – занжир қисмiga кетма-кет уланған қаршилик.

**Контур** – исталған занжир элементларининг берк уланиши, уни бир неча тармоқлар бўйича айланиб чиқиш мумкин.

**Ток қуввати** – иш бажариш жадаллигини характерловчи физик катталиқ.

**Ток зичлиги** – ток кучини үтказгичнинг кўндаланг кесими юзига нисбатига тенг физик катталиқ.

**Ток иши** – электр майдони кўчирған зарядни берилған үтказгич қисмидаги кучланишга кўпайтмасига тенг физик катталиқ.

**Ток кучи** – үтказгичнинг кўндаланг кесими орқали бирлик вактда үтувчи заряд миқдорига тенг катталиқ.

**Ўтказгичнинг солиштирма қаршилиги** – узунлиги 1 м, кўндаланг кесимининг юзи  $1 \text{ m}^2$  үтказгичнинг қаршилиги.

**Занжирдаги тугун** – уч ва ундан кўп үтказгичларнинг уланиш жойи.

**Электр токи** – электр зарядларининг йўналған тартибли ҳаракати.

**Электр юритувчи куч** – ташқи кучларнинг бирлик зарядни кўчиришда бажарған ишига тенг катталиқ.

12-БОБ

## ТУРЛИ МУҲИТЛАРДА ЭЛЕКТР ТОКИ

### Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:

- металлардаги электр токини тавсифлашни ва қаршиликнинг ҳа-  
роратга боғлиқлигини тушунтиришни;
- юқори ҳароратда ўта ўтказгич моддаларни олиш истиқболларини  
муҳокама қилишни;
- яrim ўтказгичлардаги электр токини тавсифлашни ва яrim ўтказ-  
гичли асбобларни қўллашни тушунтиришни;
- чўғланма лампанинг, резисторнинг ва яrim ўтказгич диоднинг  
вольт-ампер характеристикасини ўрганишни;
- электролитлардаги электр токини тавсифлашни ва масала ечишда  
электролиз қонунини қўллашни;
- электролиз жараёнида электроннинг зарядини экспериментал  
аниқлашни;
- вакуумдаги ва газлардаги электр токини тавсифлашни;
- электрон нур трубкасининг ишлаш принципини ва қўлланилиши-  
ни тушунтиришни ўрганасиз.

## 41§. Металлардаги электр токи. Ўтказувчанлик

### Кутиладиган натижаба:

Бу параграфни ўзлаштирганданда:

- металлардаги электр токни тавсифлай оласиз ва қаршиликнинг ҳароратга боғлиқлигини тушунтира оласиз;
- юқори ҳароратдаги ўтказувчан моддаларни олишининг преспективаларини муҳокама қила оласиз.

### I Металлардаги заряд ташувчиларни аниқлаш тажрибалари

1901 йили немис физиги К.Рикке қуйидагича тажриба ўтказди: трамвай тармоқларини таъминловчи бош ўтказгичларга массалари маълум уч цилиндрни бир-бирига кетма-кет улади. Икки четдагиси мисдан, ўртадагиси эса алюминийдан ясалган. Бир йил ичиди цилиндрлар орқали 3,5 МКл катталиктаги заряд оқиб ўтди, цилиндрларнинг уланган жойларда модда кӯчиши кузатилмади. Демак, металлардаги атомлар ва молекулалар заряд ташишда қатнашмаган, металларнинг ҳаммаси учун умумий электронларнинг ҳаракати натижасида ток ўтиб турган.

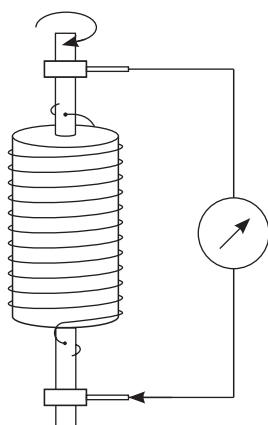
Металлардаги ток электронларнинг ҳаракатига боғлиқ эканини америкалик олимлар Р.Толмен ва Т.Стюарт исботлаган. Улар 1913 йили рус олимлари С.Л. Мандельштам ва Н.Д. Папалекси ўтказган тажрибанинг услубини ўзгартириб, 1916 йили ток ташувчи зарраларнинг солиштирма зарядини аниқлашди. Тажриба учлари гальванометрга уланган айланувчи соленоидни (224-расм) бирдан тўхтатган вақтда, гальванометр ток импульсини қайд қилишига асосланган. Ўрамнинг узунлиги тахминан 500 метр, айланишнинг чизиқли тезлиги тахминан 500 м/с бўлганда, соленоид ёрдамида ток ташувчиларнинг электронларга мос келувчи солиштирма зарядини катта аниқликда олиш мумкин бўлди:

$$\frac{q}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{Kl}{kg}$$

### II П.Друде ва Х.Лоренцларнинг ўтказувчанликнинг электрон назарияси

Металлардаги ток ташувчилар сифатида эркин электронлар ҳақидаги мавжуд билимларни умумлаштириб, 1900 йили П.Друде металлар электр ўтказувчанинг классик назариясини яратди. Бу назарияни кейинроқ Х.Лоренц янгилади.

Друде-Лоренц классик назариясига кўра, кристалл панжара тузилишида атомлар билан заиф боғланган валентлик электронлари бўшаб чиқади, улар ўтказгичнинг бутун хажми бўйлаб тартибсиз ҳаракатланади.



224-расм. Р.Толмен ва  
Т.Стюарт тажрибасининг  
принципиал схемаси

П.Друденинг электрон назариясидаги асосий қоидалар:

1. Металлар эркин электронларнинг  $10^{28} - 10^{29} \text{ м}^{-3}$  оралиғидаги юқори концентрациясида катта электр үтказувчанликга ега.
2. Металдаги электронларнинг иссиқлик харакати идеал газ молекулаларининг ҳаракатига ўхшайды. Металдаги эркин электронларнинг концентрацияси деңгиз сатхыда ва нормал шаритда атмосферадаги ҳаво молекулаларининг  $2,55 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$  концентрациясидан анча ортиқ.

П.Друде «электрон газ» түшүнчесини киритди (225-расм) ва молекуляр кинетик назарияни қўллаб, электронларнинг иссиқлик харакатининг ўртача квадратик тезлигини аниклади:

$$\frac{m_e v_e^2}{2} = \frac{3}{2} kT,$$

хона ҳароратидаги электронларнинг тезлиги 110 км/с-гача етади:

$$v_e = \sqrt{\frac{3kT}{m_e}} \approx 110 \text{ км/с}.$$

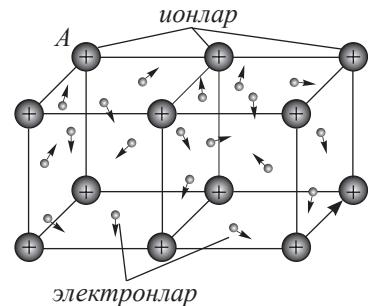
3. Электронларнинг тартибсиз ҳаракатига ташқи электр майдони таъсир этганда электронлар тартибли ҳаракатлана бошлайды, яъни, электр токи пайдо бўлади. Электронларнинг йўналган ҳаракати текис тезланувчан ҳисобланади ва классик механика қонунларига бўйсунади. Электронларнинг  $\lambda$  эркин югуриш йўли узунлиги кристал панжаранинг даври билан аниқланади. Ўтказгичдаги ток кучининг электронларнинг дрейф тезлигига боғлиқ экани (36§):

$$I = |e|nSv_{\text{др}} \quad (1)$$

ва металллардаги токнинг зичлиги маълум:

$$j = |e|nv_{\text{др}}.$$

4. Электр токининг занжир бўйлаб тарқалиш тезлиги электромагнит майдоннинг тарқалиш тезлигига тенг, у эса ёруғлик тезлигига тенг  $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .
5. Электронлар ионлар билан эластик тўқнашганда электр майдонида тўплаган энергиялари тўлиқ узатилади. Изоляцияланган иссиқлик энергиясини назарий ҳисоблашлар Джоуль-Ленц қонуни бўйича аниқланади.



**225-расм.** Металлардаги эркин электронлар «электрон газ» ни ҳосил қиласди.  
эркин электронларнинг концентрацияси тахминан  $10^{28} - 10^{29} \text{ м}^{-3}$ , атмосферадаги ҳаво молекулалари учун тахминан  $10^{25} \text{ м}^{-3}$

 **Топшириқ**

Ток зичлигини ҳисоблаш формуласини қўллаб, металлардаги ток зичлигининг  $j = 10^7 \text{ А/м}^2$  максимал қийматида электрон дрейфларининг тезлиги тахминан 1 мм/с бўлишини исботланг.

### III Ўтказгич қаршилигининг ҳароратга боғлиқлиги

Тажрибада солиширма қаршилик ва ҳарорат орасыда түгри боғланиш аниқланган (226-расм):

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta t)$$

бу ердаги  $\rho_0$  – 0°C ҳароратдаги ўтказгичнинг солиширма қаршилиги,  $\alpha$  – қаршиликнинг ҳарорат коэффициенти,  $\Delta t$  – 0 °C-га нисбатан ҳароратнинг ўзгариши.

**Қаршиликнинг ҳарорат коэффициенти –1 К-га иситилганда ўтказгич қаршилигининг қандай ўзгаришини күрсатадиган физик катталик.**

ХБС бўйича қаршиликнинг ҳарорат коэффициентининг ўлчов бирлиги:  $[\alpha] = 1 \text{ K}^{-1}$ .

$R = \rho \frac{l}{S}$  бўлганидан, ўтказгич қаршилигининг ҳароратга боғлиқлиги қўйидагича:

$$R = R_0(1 + \alpha\Delta t).$$

### IV Ўта ўтказувчанлик ҳодисаси

Баъзи металларнинг ҳарорати абсолют нолга яқинлашганда, уларнинг қаршилиги бирданига нолгача камаяди, масалан, симоб учун бу ҳарорат 4,2 K бўлади (227-расм). Электр қаршилиги нолга яқинлашган ўтказгичнинг ҳолати ўта ўтказувчанлик деб аталади. Ўта ўтказувчанлик ҳолатидаги модда ўта ўтказгич деб аталади. Ўта ўтказувчанлик ҳодисасини 1911 йили даниялик олим Хейк Камерлин-ОНнес кашф қилди.

1957 йили америка олимлари Л.Купер, Дж.Бардин ва Дж.Шриффер таърифлаган ўта ўтказувчанлик назариясида қўйидагича тахмин қилинди: электронлар ўта ўтказгичларда «купер жуфтларини» ташкил қиласди, улар электр майдони таъсирида кристалл панжара орқали қаршиликсиз кўчиши қобилиятига эга ва кучланиш олинганнан кейин ҳам ток мавжуд бўлади.

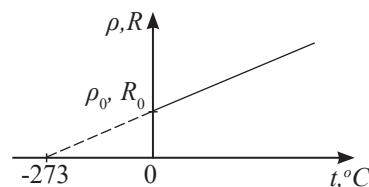
Олимлар ўта ўтказувчанлик ҳодисасини ўрганиб, ўта ўтказувчанлик токи сирт токи эканини аниқлади. 1986 йили юқори ҳароратдаги ўта ўтказгичлар олинди, ҳарорат 100 K бўлганда лантан ва барийнинг оксид аралашмалари ўта ўтказгичга айланиши кузатилди.

Охирги ўн йилда америка олимларининг юқори ҳароратдаги ўта ўтказгичларни олиш ишида анчагина олға силжишлар кузатилди. 254 K (-19°C) ҳароратда таллий асосида синтезланган мураккаб кимёвий аралашмалардан ўта ўтказувчанлик эффиқти бор плёнкалар олинди. Ўта ўтказгичнинг яна бир эффиқти арсенид темир ва мис оксидининг аралашмаларида кузатилди.

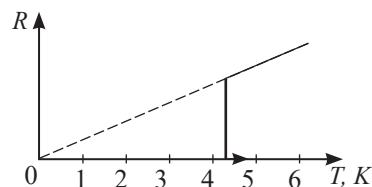


### Жавоби қандай?

Нима учун металл ўтказгич қаршилигининг ҳароратга боғлиқлик графигининг солиширма қаршиликнинг ҳароратга боғлиқлик графигидан фарқи ўйқ?



226-расм. Металлар солиширма қаршилигининг ҳароратга боғланиш графиги.



227-расм. Симоб 4,2 K дан паст ҳароратда ўта ўтказгич бўлади

Юқори ҳароратдаги ўта ўтказгич плёнкаларни олиш – энергия тежовчи электрониканинг янги синфларининг яратилишига олиб келиши мумкин. Ҳозирги кунда ўта ўтказгичлардан МГД-генераторларида ва элементар зарраларни тезлаткичларида ишлатиладиган қувватли электромагнитларни тайёrlашда фойдаланилади. Бундай курилмаларни суюқ гелий билан доимий совутиб туриш лозимлиги уларни ташиша қийинчиликларни юзага келтиради.

### **Бу қызық!**

Квант левитацияси деб аталган ҳодисага олимлар қизиқувчилик билдиримоқда. 2013 йили Тель-Авив университети ва Фан-техника марказлари ассоциацияси (ASTC) ўта ўтказгичлар ва доимий магнитларнинг таъсирини текшириш учун бир қатор тадқиқотлар ўтказишиди. Ўта ўтказгич сифатида шиша ёки ёкут таглика суртилган иттрий-бариймис оксиди ( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ) олинди. Ўта ўтказгиччининг қалинлиги 1 мкм бўлди. Ҳарорат  $-185^{\circ}\text{C}$  бўлганда уни суюқ азотга ботириш орқали ўта ўтказгичга айлантирилди. Ўта ўтказгиччининг ҳаракати ва доимий магнит билан таъсиралиши натижасида ўта ўтказгичда индукцион ток ва унинг таъсирида магнит майдони пайдо бўлади. Шунинг натижасида ўта ўтказгич фазодаги ўз ўрнини сақлаб қолади (228-расм).



**228-расм.** Ўта ўтказгиччининг доимий магнитдан ясалган рельслар билан таъсиралишиши

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Мис ўтказгич орқали зичлиги  $j = 1 \text{ A/mm}^2$  ток ўтади. Миснинг ҳар бир атомига бир эркин электрон мос келади деб ўйлаб,  $l_0 = 10 \text{ см}$  кўчган электроннинг юрган йўлининг узунлигини хисобланг. Миснинг зичлиги  $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/m}^3$ , миснинг моляр массаси  $M = 0,064 \text{ кг/моль}$ . Ўтказгиччининг ҳарорати  $t = 27^{\circ}\text{C}$ .

### **Берилган:**

$$\begin{aligned} j &= 1 \text{ A/mm}^2 \\ l_0 &= 0,01 \text{ м} \\ \rho &= 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/m}^3 \\ M &= 0,064 \text{ кг/моль} \\ T &= 300 \text{ К} \end{aligned}$$

### **Топиш керак:**

$$L = ?$$

### **ХБС**

$$10^6 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

### **Ечиш:**

Ток зичлиги  $j = |e|n v_{dp}$ , унда электроннинг  $l_0$  масофага кўчиш вақти  $\Delta t = \frac{l_0}{v_{dp}} = \frac{l_0 |e| n}{j}$  бўлади.

Металдаги электронларнинг тартибсиз иссиқлик

$$\text{харакати тезлиги: } v = \sqrt{\frac{3kT}{m_e}}.$$

Электронларнинг концентрацияси  $n = \frac{N}{V} = \frac{m N_A}{M V} = \frac{\rho}{M} N_A$ .

$$\text{Йўлнинг узунлиги } L = v \Delta t = \sqrt{\frac{3kT}{m_e}} \cdot \frac{l_0 |e| \rho N_A}{M j}.$$

Хисоблашларни бажарамиз:  $L = \left[ \sqrt{\frac{Дж \cdot К}{К \cdot кг}} \cdot \frac{м \cdot Кл \cdot кг \cdot моль \cdot м^2}{м^3 \cdot моль \cdot кг \cdot А} \right] = \left[ \frac{м \cdot Кл}{с \cdot А} \right] = [м]$ .

Сон қийматини аниқлаймиз:

$$L = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \cdot \frac{0,01 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 8,9 \cdot 10^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{0,064 \cdot 10^6} = 1,5 \cdot 10^9 (м)$$

**Жавоби:**  $1,5 \cdot 10^9$  м.

### Назорат саволлари

- Металларда зарядларни қандай зарралар ташийди?
- П.Друде-Х.Лоренц электрон назариясининг асосий мазмунини ифодаланг.
- Үтказгичнинг қаршилиги ҳароратга қандай боғлиқ?
- Қаршиликнинг ҳарорат коэффициенти деганимиз нима?
- Қандай ҳодиса ўта ўтказувчанлик деб аталади?



### Машқ

41

- Узунлиги  $l = 1$  м тўғри ўтказгич орқали  $I = 10$  А ток ўтади. Ўтказгичдаги электронларнинг импульслари йиғиндиндисининг ўртача қийматини аниқланг. Электрон заряди  $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, массаси  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.
- Агар ҳар бир атомга бир эркин электрондан тўғри келади десак, ток зичлиги  $j = 11$  А/мм<sup>2</sup> бўлганда мис ўтказгич бўйлаб йўналган электронларнинг ҳаракатининг ўртача тезлигини аниқланг.
- Ток кучи  $I = 1$  А бўлганда кўндаланг кесими юзи  $S = 1$  мм<sup>2</sup> никелин ўтказгичдаги электр майдон кучланганлиги қандай?
- Вольфрам симининг ҳароратлари  $t = 0$  °C ва  $t = 2400$  °C бўлгандаги қаршиликлари нисбатларини хисобланг.
- Кучланиши бор алюминий симдан ясалган ғалтакни эриётган музга ботирганда ундаги ток кучи  $I_1 = 29$  мА, қайнаб турган сувга ботирганда эса ток кучи  $I_2 = 20$  мА. Алюминий қаршилигининг ҳарорат коэффициентини аниқланг.
- Ҳарорати 0°C-дан 20°C-га ўзгарганда мис ўрамли электромагнитнинг фойдаланадиган куввати неча фоизга ўзгаради?

### Ижодий топширик

Кўйидаги мавзулар бўйича ахборот тайёрланг (танлов бўйича):

- БКШ (Ж.Бардин, Л.Купен ва Ж.Шриффер) назарияси.
- Юқори ҳароратли ўта ўтказувчанлик.
- Ўта ўтказгичларнинг ишлатилиши.

**42§. Ярим ўтказгичдаги электр токи.  
Ярим ўтказгич асбоблар**

### Кутиладиган натижа:

*Бу параграфни ўзлаштирганды:*

- Ярим ўтказгичлардагы электр токини характерлашни ва ярим ўтказгич асбобларни құллашни тушунтира оласыз.

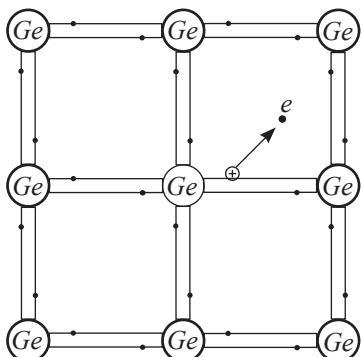
## *Модданинг солиши тирма қаршилиги*

Модда	Солишириш қаршилик (тартиби)
Үтказгич	$10^{-7}$ Ом·м
Ярим үтказгич	$10^{-5}$ Ом·м-дан $10^8$ Ом·м-гача
Диэлектрик	$10^8$ Ом·м



Эътибор беринг!

Хусусий ўтказувчанликда  
эркин электронлар ва  
тешиклар сони бирдай.



**229-расм.** Ярим  
үтказгичлардаги заряд  
ташувчилар: эркін  
электронлар ва тешиклар

## I Ярим үтказгичлар.

**Ярим үтказгичлардаги заряд ташувчилар.**

## Хүсүсий үтказувчанлик

**Ярим ўтказгич** – ўзининг солиширима ўтказувчанлиги бўйича ўтказгичлар ва диэлектрикларнинг оралиғида жойлашган модда. Унинг ўтказгичлардан фарқи: солиширима ўтказувчанликнинг аралашма концентрациясига, ҳароратга, нурланишларнинг таъсирига боғлик бўлиши. Ярим ўтказгичларнинг содда турлари – германий, селен, кремний.

Хона ҳароратида ярим ўтказгичдаги эркин электронлар сони озгина бўлади. Электронларнинг ярим ўтказгичдаги ҳаракати уларнинг металлардаги ҳаракатига ўхшаш: электр майдони бўлмаганда тартибсиз ҳаракатланади, ташқи майдон бор бўлганда эса тартибсиз ҳаракатлар билан бирга йўналган ҳаракатлар ҳам пайдо бўлади. Эркин электронларнинг ўтказувчанлиги электр ўтказувчанлиги ёки *n-type* ўтказувчанлик деб атайди: (*negativ* – манфий).

Йўналган ҳаракатга эркин электронлардан ташқари боғланган электронлар ҳам қатнашади. Германий атомлари орасидаги электрон боғланишнинг текисликдаги чизмасини қарайлик (229-расм). Расмда атомларнинг электрон боғланиши чизиклар билан тасвирланган. Германий атоми ядросининг атрофида тўрт ташқи электрон бор, уларнинг ҳар қайсиси қўшни атомларнинг электронлари билан жуфт боғланиш ҳосил қиласди. Агар электрон эркин электронга айланса, унда бу аввалги боғланиш ўрнида мусбат заряднинг пайдо бўлиши билан бирдай бўлади, уни *тешик* деб атайди. Электроннинг қўшни боғланиш чизигидан келиб алмашишида узилган боғланиш тикланиши мумкин, бироқ унда тешик энди бошқа атом боғланиш чизигида пайдо бўлади. Боғланган электронлар ҳаракати билан боғлиқ тешикнинг ҳаракати электр майдони бор вақтда электронлар ҳаракатига қарши йўналишда бўлади. Тешиклар ҳаракатига боғлиқ бу ўтказувчанликни *p-tip* ёки тешикили ўтказувчанлик (positive – мусбат) деб аталади. Шундай қилиб, эркин электронлар ва тешиклар ярим ўтказгичдаги заряд ташувчилар ҳисобланади.

**Электронли – тешикли ўтказувчанликни ярим ўтказгичларнинг хусусий ўтказувчанилиги деб аталади.**

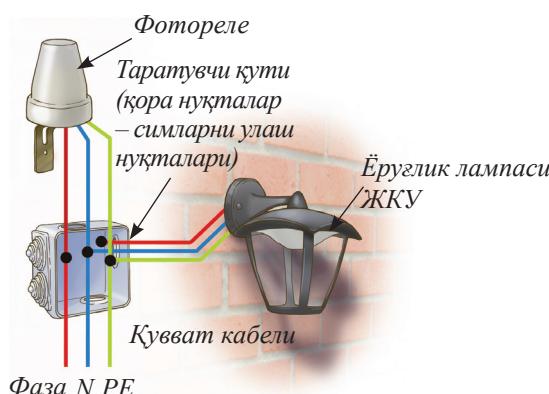
## **II Ярим ўтказгичларнинг хусусий ўтказувчанлигининг ҳарорат ва ёруғликка боғлиқлиги. Термисторлар ва фоторезисторлар**

**Термистор – қаршилиги ҳароратга боғлиқ ярим ўтказгич.**

Термистор термометрнинг қабуллаш қисми. Ярим ўтказгичли термометрнинг афзаллиги: ўзининг сезгиригини саклади, термистор миллиметрнинг 1/10 қисмини ташкил килади (230-расм), суюқлик термометрини қўллаб бўлмайдиган кичик жисмларнинг ҳароратини ўлчашга имкон беради. Термистор ёрдамида Кельвиннинг миллиондан бир улушидай ҳарорат ўзгаришларини сезиш мумкин.

Ярим ўтказгичларнинг ўтказувчанлигининг ёруғликка боғлиқлиги фоторезисторда, электр занжирини автоматик бошқаришда қўлланилади. 232-расмда кўчани ёритишни автоматик улашга мўлжалланган фоторезисторли занжирнинг чизмаси тасвирланган.

**Фоторезистор** – қаршилиги ёритилишига боғлиқ ярим ўтказгич резистор.



**232-расм. Фоторезисторнинг кўчани ёритии занжирига уланиш схемаси**

## **III Ярим ўтказгичларнинг аралашмали ўтказувчанлиги**

Агар аралашмалар Менделеев жадвалининг V, VI ёки VII гурӯхига кирса, унда улар ярим ўтказгични эркин электронлар билан бойитади. Бундай аралашмалар

### **Жавоби қандай?**

Атроф-муҳит ёри-тилганилиги ортганда ва ҳарорат кўтарилганда нега ярим ўтказгичларнинг ўтказувчанлиги ортади?



**230-расм. Датчиги бор термистор**

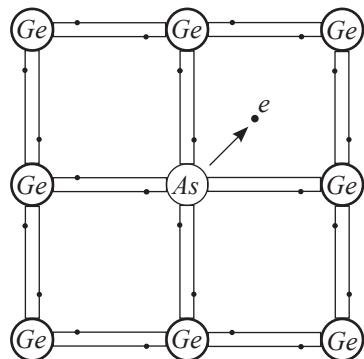
### **Жавоби қандай?**

Кўчани ёритишни фоторезистор қандай бошқаради?

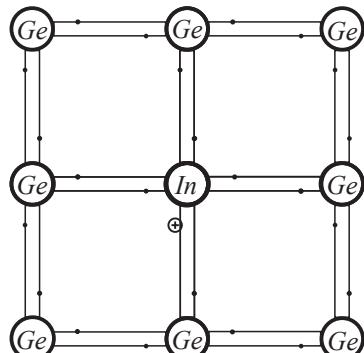
донорли деб, ярим ўтказгичлар эса электрон ёки *n*-тип ярим ўтказгич деб аталади. Германий атомлари ва беш валентли мишъяк орасидаги электрон боғланиш чизмасини қарайлик (233-расм). Мишъяк атомининг тўрт электрони германий атомларининг электронлари билан боғланиш ҳосил қиласди, бешинчи электрон эркин электронга айланади. *n*-тип ярим ўтказгичларда электрон ўтказувчанлик бўлади. Ҳарорат пасайганда ва ёритиш заиф бўлганда аралашмали ўтказувчанлик хусусий ўтказувчанликдан ўнлаб, юз минглаб марта ортиб кетади.

Менделеев жадвалининг I, II ва III гуруҳидаги моддаларнинг аралашмаси бор ярим ўтказгичда тешикли ўтказувчанлик устун бўлади. Бу гурухнинг элементлари жуфт электрон боғланишлар ҳосил қилишида тешиклар пайдо бўлади, сабаби валентлик электронларининг сони ярим ўтказгичдагига қарандади кам. Бундай аралашмаларни *акцептор*, ярим ўтказгичларни эса *тешикли ёки p-тип ўтказгичлар* деб аталади. 234-расмда германий атомларининг уч валентли индий атоми билан боғланиши чизмаси тасвирланган. Индийнинг уч электрони германийнинг қўшни уч атоми билан жуфт боғланиш ўрнатади, тўртинчи атом билан электрон боғланиш ўрнида тешик ҳосил бўлади. *Акцептор аралашмаси бор ярим ўтказгичларнинг асосий ўтказувчанлиги тешикли ҳисобланади.*

**Аралашмали ўтказувчанлик – акцептор ва донор аралашмаси бор ярим ўтказгичлардаги ўтказувчанлик.**



233-расм. *n* тип ярим ўтказгич

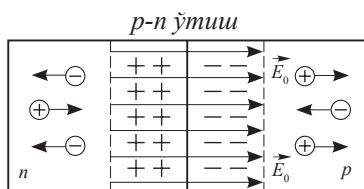


234-расм. *p* тип ярим ўтказгич

#### IV Ярим ўтказгич диод

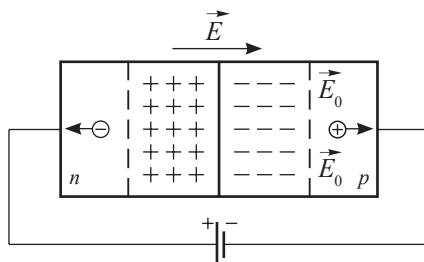
*p*-тип ва *n*-тип икки ярим ўтказгичнинг контакти қарайлик. Диффузия натижасида *n*-тип ярим ўтказгич томондаги четки қатлам мусбат зарядланади, *p*-тип ярим ўтказгич томондаги – манфий зарядланади, *p-n* ўтиш пайдо бўлади (235-расм). *p-n* ўтишдан пайдо бўлган  $E_0$  майдони асосий заряд ташувчиларнинг ҳаракатига қаршилик қиласди.

Ҳосил бўлган четки қатламни ёпувчи қатлам деб аталади. У ярим ўтказгичли диоддинг асосий қисми ва диод бир томонлама ўтказувчанлик хоссасига эга. Ярим ўтказгичларга ток манбанинг улаймиз: мусбат кутбни *n*-тип ярим ўтказгичга, манфий кутбни *p*-тип

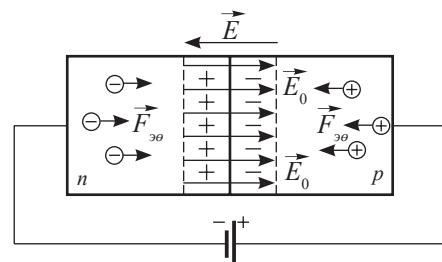


235-расм. *p-n* ўтиш

ярим ўтказгичга улаймиз (236-расм). Ташки майдоннинг кучланганлиги  $p$ - $n$  ўтиш майдонининг кучланганлиги билан мос келади, ёпувчи қатлам кенгаяди, унинг қаршилиги ортади.



236-расм.  $p$ - $n$  ўтишдаги тескари улаши

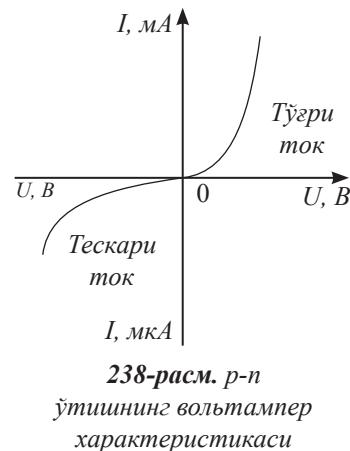


237-расм.  $p$ - $n$  ўтишдаги түгри улаши

Ток манбанинг кутбларини алмаштирамиз, бунда ташки майдоннинг кучланганлиги  $p$ - $n$  ўтишга қарши йўналади (237-расм). Ёпувчи қатлам юпқалашибди ёки бутунлай йўқолиб кетади,  $p$ - $n$  ўтиш қаршилиги камаяди. Асосий ток ташувчиларнинг йўналган ҳаракатидан хосил бўладиган ярим ўтказгич токи ортади. Манбанинг  $p$ - $n$  ўтишга түгри ва тескари уланишдаги вольт-ампер характеристикаси 238-расмда берилган.  $p$ -тип ва  $n$ -тип ярим ўтказгичларнинг контакти диоднинг асосий қисми ҳисобланади. Ярим ўтказгичли диод 239-расмда чизма кўринишида тасвирланган.

## V Ёруғлик диодли лампа

Ёруғлик диодли лампа доимий токнинг кувват бериш блогига ўрнатилган цоколдан ва драйвердан – ўта қувватли ёруғлик диоди маҳсус ясалган таглик ва сочувчи элементдан (сочгич) тузилган (242-расм). Ёруғлик диоди – электр энергиясини ёруғлик нурларига айлантирувчи  $p$ - $n$  ўтиши. Ёруғлик диодли лампанинг асосий қисми – ўлчови  $160 \times 550 \times 80$  мкм бўлган ярим ўтказгич чип. Таглик радиаторга – иссиқлик чиқарилишини ортиришга мўлжалланган алюминий корпусга жойлаштирилган. Сочгичга суртилган люминофор лампанинг ёруғлигини ортиради. Лампанинг кучланиши 12 В ва 220 В оралиғида бўлган ҳар хил намуналари бор. Ёруғлик диоди лампанинг электр энергияни истеъмол қилиши оддий лампадан 5–10 марта кам.



238-расм.  $p$ - $n$  ўтишининг вольтампер характеристикаси



239-расм. Диоднинг схемада тасвирланиши

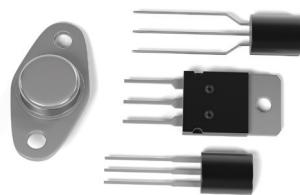
- Сочгич
- Ёруғлик диод СОВ
- Радиатор
- Драйвер
- Цоколь Е27

242-расм. Ёруғлик диодли ёритилии лампаси

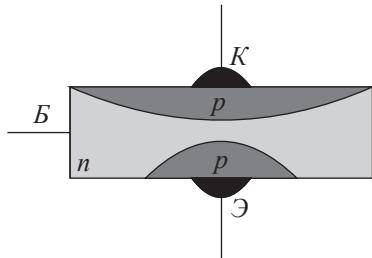
## VI Транзисторли күчайтиргич

Икки  $p-n$  ўтиши соҳаси бор ярим ўтказгич асбобларни транзисторлар деб аталади (243-расм). Улар  $p-n-p$  ва  $n-p-n$  типида бўлиши мумкин.  $p-n-p$  транзисторини тайёрлаш учун  $n$ -тип ярим ўтказгичдан ясалган пластина керак, уни  $B$  база деб атайди. Пластинага  $n$ -тип ярим ўтказгичдан ясалган икки кисм ёпиштирилади (244-расм), бу ҳолда Э эмиттерга нисбатан К коллекторининг юзи каттароқ бўлади. Икки ўтиш ҳам ёпувчи қатламнинг ишини бошқарувчи доимий ток манбаига уланади (245-расм). «Эмиттер – база» ўтиши тўғри, «база – коллектор» ўтиши тескари. Асосий заряд ташувчилар эмиттер токини биринчи ўтишда ҳосил қиласди. Базага ўтган тешиклар иккинчи тешик учун асосий эмас ташувчилар ҳисобланади ва ундан қаршиликсиз ўтади. Шу тариқа  $I_K$  коллектор токи фақат  $I_E$  эмиттер токига боғлиқ ва коллекторнинг занжиридаги  $R$  қаршилика боғлиқ эмас:  $I_K = I_E - I_B$

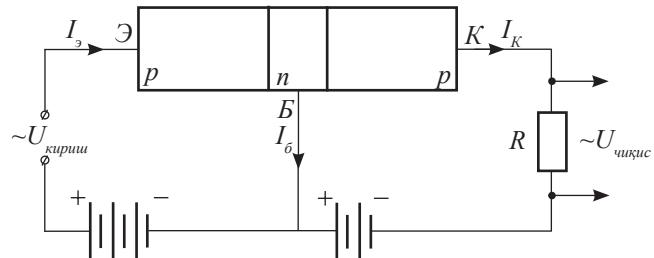
Коллектор занжирига катта қаршиликли резисторни улаб, юқори кучланиши сигнали олишга бўлади:  $U_{\text{чиқиш}} = I_K R$ .



243-расм. Транзисторлар



244-расм.  $p-n-p$  турдаги транзистор



245-расм. Транзисторга чиқиши манбаларини улаш



### Жавоби қандай?

- Харорат паст бўлганда, ярим ўтказгичларда нега аралашмали ўтказувчаник устун бўлади, юқори ҳароратда эса – хусусий ўтказувчаник устун бўлади?
- Кучланиш қиймати бирдай бўлганда, нега  $p-n$  ўтишда тўғри ток тескари токдан устун бўлади?
- Нега коллектордаги ток коллектор-база занжиридаги қаршилика боғлиқ эмас?

## Назорат саволлари

1. Қандай моддалар ярим ўтказгичларга киради?
2. Ярим ўтказгичнинг хусусий ўтказувчанлиги нима?
3. Ярим ўтказгичнинг қаршилиги қиздирилганда қандай ўзгаради? Ёритилгандачи?
4. Қандай ўтказувчанлик аралашмали ўтказувчанлик деб аталади?
5. Қандай аралашмалар донор аралашма ва акцептор аралашма дейилади?
6.  $p-n$  ўтишнинг қандай хоссалари бор?
7. Транзисторнинг тузилиши қандай?



## Машқ

42

1. Хона ҳароратида германийни ўтказувчанлик электронларининг концентрацияси  $n = 3 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ . Ўтказувчанлик электронларининг сони атомлар умумий сонининг қанча қисмини ташкил киласи? Германийнинг зичлиги  $\rho = 5400 \text{ кг/м}^3$ , моляр массаси  $\mu = 0,073 \text{ кг/моль}$ .
2. Ҳарорат  $20^\circ\text{C}$  бўлганда, германийнинг ўтказувчанлик электронларининг концентрацияси  $10^{14} \text{ см}^{-3}$  унинг атомларининг қандай қисми ионланган? Ионланишда ўрта ҳисобда атомдаги валентлик электронларининг биттаси йўқолади деб ҳисобланг.
3. «Тешиклар» концентрацияси  $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$  бўлиши учун алюминийнинг кремний билан аралашмасидаги (массаси %-да) хусусий улуши қандай бўлиши керак? Алюминийнинг ҳар бир атоми «тешикларнинг» пайдо бўлишида қатнашади.
4. Кетма-кет уланган, 1 кОм қаршилиги бор реостат ва термистордан иборат занжирнинг учига 20 В кучланиш берилди. Хона ҳароратида занжирдаги ток кучи 5 мА бўлди. Термисторни иссиқ сувга согланда, ток кучининг қиймати 10 мА бўлди. Термисторнинг қаршилиги неча марта ўзгарди?
5. Коронгуда қаршилиги 25 кОм бўлган фоторезисторни қаршилиги 5 кОм бўлган резистор билан кетма-кет улади. Фоторезисторни ёритганда, кучланишининг шу қийматида занжирдаги ток кучи 4 марта ортса, фоторезисторнинг қаршилиги неча марта камаяди?

## Ижодий топширик

Қуйидаги мавзулар бўйича ахборот тайёрланг (танлов бўйича):

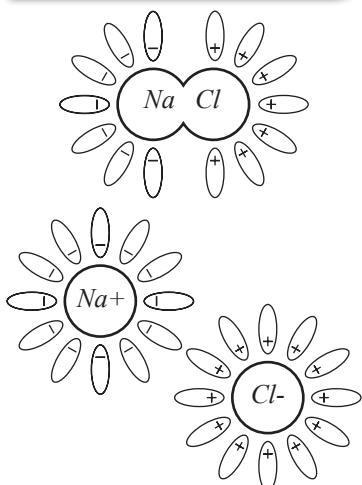
1. Ярим ўтказгичларнинг ёритиш техникасида ишлатилиши.
2. Транзисторлардаги тезлакчиликларнинг турлари ва уларнинг ишлатилиши.
3. Қозоғистонда ёритиш техникаси ва радиоэлектроника.

## 43§. Электролитларнинг эритмаларидағи электр токи. Электролиз қонунлари

### Күтиладиган натижә:

Бу параграфни ўзлаштирғанды:

- Электролитдеги электр токини тавсифлаши ва масала ечишда электролиз қонунларини күллаши үрганасиз.



246-расм. Электролитик диссоциация

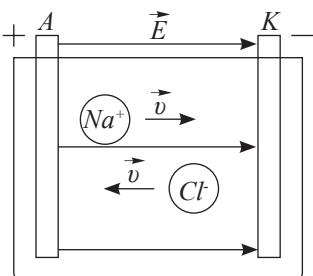
### Эсга тушириң!

Металдардаги ток кучи:

$$I = |e|nS_{dp}$$

Токнинг зичлиги:

$$j = |e|nU_{dp}$$



247-расм. Зарядланган зарраларнинг ташқи майдон таъсиридаги йўналган ҳаракати

### I Электролитлардаги заряд ташувчилар

Электролитлар ва сув молекулалари тузилиши бўйича қутбли. Кислота, гидроксид ва туз молекулалари ионларининг орасида боғланиш сув молекулаларининг орасида заифлашади. Иссиклик ҳаракатининг таъсирида молекулалар ионларга ажралади ва электролитик диссоциация юз беради (246-расм).



### Эсга тушириң!

Электролитлар – сувдаги эритмалари ва суюқланмалари электр ўтказгич бўлган моддалар.

**Электролитик диссоциация – эритиш ва суюлтиришда молекулаларнинг ионларга ажралиши.**



Анод ва катод орасида пайдо бўлган электр майдони таъсирида электролитда ионларнинг йўналган ҳаракати юзага келади, электр токи пайдо бўлади (247-расм).

Молекулаларнинг ионларга ажралиш жараёни моддалар қаттиқ қизиган пайтда ҳам боради. Диссоциация даражаси ёки молекуланинг ажралиш улуши ҳароратга боғлиқ бўлади.

**Диссоциация даражаси – молекулаларнинг қанча қисми ионларга ажралганлигини кўрсатувчи физик катталик.**

$$\alpha = \frac{N_i}{N},$$

бу ердаги  $\alpha$  – диссоциация даражаси;  $N_i$  – ионларга ажраган молекулаларнинг сони;  $N$  – эритмадаги электролит молекулаларининг сони.

Эритмада диссоциация билан бир вақтда тескари жараён – мусбат ионларнинг манфий ионлар билан тўқнашувида уларнинг молекулаларга қайта бирикиш жараёни (рекомбинация) ҳам боради.

**Рекомбинация – ионларнинг қайтадан нейтрал молекулаларга бирикиш жараёни.**



### Эсда сақланг!

Мусбат ва манфий ионлар электролитлардаги заряд ташувчилар ҳисобла-нади.

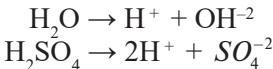
## II Электродлардаги жараёнлар. Электролиз

Электролитларнинг турига боғлиқ ҳолда электролларда түрли жараёнлар боради:

1) Сувнинг водород ва кислородга ажралиши.

Электр токи сульфат кислотанинг сувдаги эритмаси орқали ўтганда катодда газсимон водороднинг, анодда кислороднинг ажралишини юзага келтиради.

Диссоциация натижасида эритмадаги водород  $H^+$ , гидроксил  $OH^-$  ва сульфат  $SO_4^{2-}$  ионлари (248-расм) пайдо бўлади.

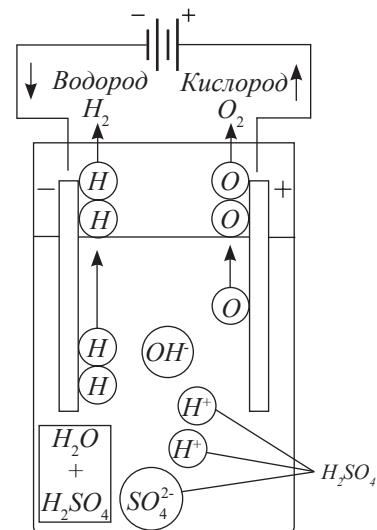


Водород ионлари катодга йўналади, ундан манфий ион олиб, нейтраллашади ва водород молекулаларига айланади:  $4H^+ + 4e = 2H_2$

Гидроксилнинг ионлари анодга ортиқча электронларини беради ва нейтраллашиб, сув ва кислород молекулаларин ҳосил қиласи:  $4OH \rightarrow 2H_2O + O_2 \uparrow$

Электролитлар эритмасида металлардаги жараёнларга ўхшаш жараёнлар ўтади. Водороднинг мусбат ионлари катод электронларини олади, гидроксилнинг манфий ионлари анодга ортиқча электронларини беради. Худди шундай металда эркин электронлар манбанинг манфий кутбидан мусбат кутбига кўчади. Суюқ ўтказгичда ток учун Ом қонуни бажарилади. Токнинг электролит орқали ўтишида электролларда соф моддалар ажралади, бу жараён электролиз деб аталади.

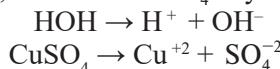
**Электролиз – электролит орқали ток ўтганда электролларда модда ажралиш ҳодисаси.**



248-расм. Сувнинг водород ва кислородга ажралиши

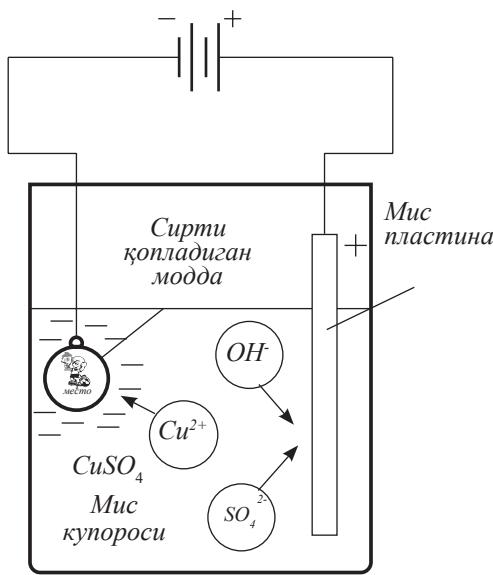
Қаралган ҳолларда электроллар актив эмас, одатда графит ва кўмир стерженлар ишлатилиади.

2) Гальваностегия. Агар мис купороси  $CuSO_4$  сувда эритилса, унда эритмада  $H^+$  водород,  $OH^-$  гидроксил,  $Cu^{+2}$  мис ва  $SO_4^{2-}$  сульфат ионлари пайдо бўлади:



Гидроксил ионлари анодда кислород ҳосил қиласи, водород ионлари катодда нейтрал водородга айланади, мис ионлари эса нейтрал бўлиб, катодда йигилади (249-расм). Катод тоза металл қатлами билан қопланади.

**Гальваностегия – металл буюмга бошқа металдан ҳимоя ёки декоратив қатлам суртишнинг электрохимиявий жараёни.**



**249-расм.** Гальваностегия – буюмни металл қатлами билан қоплаши



**250-расм.** «Олтин одам» олтин билан қопланган сувенири. Алмати ш.

Гальваностегияни буюмга декоратив ёки коррозияга қарши ҳимоя қатламини хосил қилишда қўлланилади (250-расм). Электролизда анод сифатида – тоза металл пластинаси, никель ёки хром билан, олтин ёки мис билан қоплашда катод сифатида буюмнинг ўзи хизмат қиласди. Электролит сифатида шу металнинг туз эритмаси олинади. Эритмадаги метал ионлари камайиб, катод қатламининг қалинлиги органда,  $SO_4^{2-}$  сульфатнинг манғий ионлари анод билан реакцияга киришади, анод эриб кетади. 251-расмда буюмни мис билан қоплашга мўлжалланган гальваник ванна кўрсатилган.



**251-расм.** Буюмни мис билан қоплашга мўлжалланган ванна

### III Фарадейнинг биринчи қонуни

М. Фарадей 1834 йили токнинг доимий қийматида, бирдай вақтда катодта химиявий элементларнинг бирдай массалари ажралишини аниқлади. Фарадей модданинг электрохимиявий эквиваленти тушунчасини киритди:

$$k = \frac{m}{q} \quad (1)$$

**Электрохимиявий эквивалент – бирлик заряднинг электролит орқали ўтишида электродда модданинг қандай массаси ажралишини кўрсатувчи физик катталик.**

ХБС бўйича электрохимиявий эквивалентнинг ўлчов бирлиги:

$$[k] = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{Кл}}.$$

Фарадей ўзининг кашфиётини қонун шаклида таърифлади. Фарадейнинг биринчи қонуни:

**Электролиз вақтида ажралган модданинг массаси эритма орқали ўтган зарядга тўғри пропорционал.**

**М.Фарадей тажрибаси-нинг натижаси қўйидаги шарт асосида:**

$$I = \text{const}$$

$$t = \text{const}$$

$$q = 1 \text{ Кл}$$

Модда	Масса, г
Мис	0,000329 г
кумуш	0,001118 г
Водород	0,00001 г.

**Электрохимик эквивалентлар жадвали**

Модда	Электрохимик эквивалент, кг/Кл
Мис	$3,29 \cdot 10^{-7}$
Кумуш	$1,118 \cdot 10^{-6}$
Водород	$10^{-8}$

$$m = kq. \quad (2)$$

Заряднинг ток кучи билан  $q = It$  боғланишини ҳисобга олсақ, Фарадейнинг биринчи қонуни ушбу кўринишга келади:

$$m = kIt. \quad (3)$$

### IV Фарадейнинг иккинчи қонуни

Фарадейнинг иккинчи қонуни моддаларнинг электрохимиявий ва химиявий эквивалентлари орасида боғланиши ўрнатади. Уни Фарадей тажриба натижасида таърифлади. Катталиклар орасида назарий боғланиши ўрнатайлик. (1) формулага маълум формулаларни кўямиз:

$$m = m_0 N = \frac{M}{N_A} N \text{ ва } q = n |e| N,$$

бу ердаги  $N_A$  – Авогадро сони,  $N$  – электродда тўпланган ионлар сони,  $m_0 = \frac{M}{N_A}$  – бир

ионнинг массаси,  $n$  – ионнинг валентлиги,  $|e|$  – элементар заряд. Шулар натижасида қўйидаги формулани оламиз:

$$k = \frac{MN}{N_A n |e| N} = \frac{M}{N_A |e| n}. \quad (4)$$

(4) формуладаги  $\frac{M}{n}$  нисбат модданинг химиявий эквиваленти ҳисобланади. Электрохимиявий ва химиявий эквивалентнинг пропорционаллик коэффициенти:

$$\frac{1}{N_A |e|} = \frac{1}{F},$$

бу ердаги  $F$  – Фарадей доимийси, унинг қиймати:

$$F = 9,65 \cdot 10^4 \frac{Кл}{моль}.$$

Фарадейнинг иккинчи қонуенинг математик ифодаси қўйидагича:

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n}. \quad (5)$$

**Моддаларнинг электрохимиявий эквивалентлари уларнинг кимёвий эквивалентларига тўғри пропорционал.**

### Назорат саволлари

1. Қандай моддалар электролитлар деб аталади?
2. Электролитик диссоциация нима? Электролиз нима? Рекомбинация нима?
3. Қандай зарралар электролитларда зарядланган зарраларни ташувчи бўлиб ҳисобланади?
4. Диссоциация даражаси нимани кўрсатади?
5. Электролиз қонунини таърифланг.



**Машқ**

**43**

1.  $\text{AgNO}_3$  ва  $\text{CuSO}_4$  эритмалари бор икки электролитик ванна кетма-кет уланган. Массаси  $m_1 = 180$  г бўлган кумуш ажралган вақт оралиғида миснинг қандай массаси  $m_2$  ажралади?
2.  $t = 5$  мин вақт оралиғида токни рух сульфиднинг эритмаси орқали ўтказганда, икки валентли рухнинг қанча атомини ажратишга бўлади? Рухнинг электрохимиявий эквивалентини илованинг 15-жадвали бўйича аниқланг.
3. Буюмни никеллаш борасида ток кучи дастлабки  $t = 15$  мин да нолдан  $I_{\max} = 5$  Агача бир текис ортди, шундан сўнг  $t = 1$  соатда ўзгармас бўлиб қолди, охирги  $t_3 = 35$  мин оралиғида нолгача камайди. Ажралган никелнинг массасини аниқланг. Никелнинг электрохимиявий эквивалентини илованинг 15-жадвал бўйича аниқланг.
4. Электролиз эритмасидан  $\text{NiSO}_4$  ток  $j = 0,15 \text{ A/dm}^2$  зичликда оқиб ўтди.  $t = 2$  мин вақт оралиғида, катод сиртининг  $S = 1 \text{ cm}^2$  юзида никелнинг қанча атоми ажралди? Никелнинг электрохимиявий эквивалентини иловадаги 15-жадвал бўйича аниқланг.
5. Мис купороси электролизида мис пластинанинг (катоднинг) массаси қанча вақтда  $\Delta m = 99$  г га ортади? Пластинанинг юзи  $S = 25 \text{ cm}^2$ , токнинг зичлиги  $j = 200 \text{ A/dm}^2$ . Пластинада пайдо бўлган мис қатламининг зичлигини аниқланг.

## 44§. Газлардаги электр токи. Вакуумдаги электр токи. Электрон-нур трубкаси

## Күтиладиган натижа:

*Бу параграфни ўзлаштире-*



Эсда сакланг!

Газдаги заряд ташув-  
чиilar мусбат ва манфий  
ионлар ва эркин электрон-  
дир.

## I Газлардаги заряд ташувчилар

Оддий шароитларда газ *диэлектрик* ҳисобланади, у нейтрагал молекулалар ёки атомлардан тузилган. Агар газни иссиқлик, ультрабинафша, рентген ва радиоактив нурланишлар таъсирида ионлаштирысак, у ўтказгичга айланади.

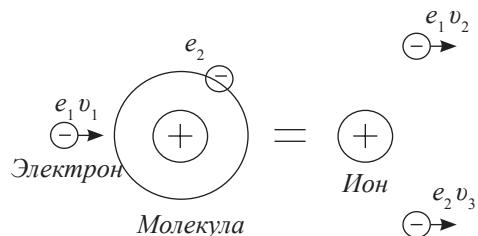
Газ молекулалари бир ёки бир неча электронини йўқотиб, мусбат ионларга айланади. Нейтрал молекулалар билан тўқнашганда бўш электронлар манфий ионларни ҳосил киласди. Газларда ионланиш билан бир пайтда рекомбинация ҳам ўтади: электронлар мусбат зарядланган ионлар билан тўнашганда нейтрал молекулалар ҳосил киласди.

Ташкىң электр майдони бўлганда, иссиқлик ҳаракати билан бирга, ионлашган газда ток ҳам пайдо бўлади. Манфий ионлар ва электронлар электр майдони кучланганлик векторининг йўналишига қарши йўналади, мусбат ионлар эса кучланганлик векторининг йўналиши бўйича ҳаракатланади.

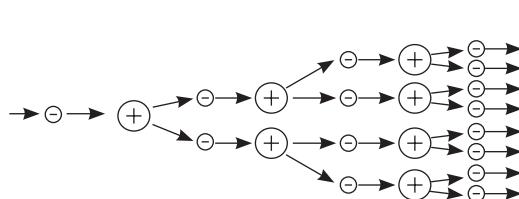
## II Зарб орқали ионланиш

Электр майдони кучланганлиги  $10^3$  В/м ва  $10^5$  В/м оралиғида бўлганда, электронлар тўқнашишда нейтрал молекулаларни ионлаш учун етарли энергияга эга бўлади (252-расм):  $E_i = \frac{mv^2}{2} = qE\lambda$

бу ердаги  $E$  – ионланиш энергияси,  $m$  – зарядланган зарранинг массаси,  $v$  – зарядланган зарранинг тезлиги,  $q$  – зарранинг заряди,  $E$  – майдон кучланганлиги,  $\lambda$  – эркин юриш йўли. Тўқнашиш натижасида ҳосил бўлган ионлар ва электронлар майдон бўйлаб тарқалади ва ўз навбатида яна янги молекулаларни ионлайди, зарядланган зарралар сони кескин ортади, ташки ионловчи бўлмаганда газнинг ўз-ўзидан ионланиши амалга ошади. Бундай жараён зарб орқали **ионланиш** деб аталади (253-расм).



## **252-расм. Газ молекулаларининг ионланиши**



*253-расм. Зарб орқали ионланиши*

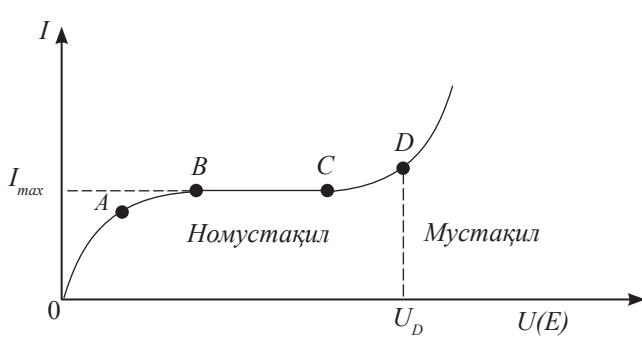
Зарб орқали ионланиш – атом ёки молекулаларнинг тез электронлар билан түқнашуви натижасида мусбат зарядли ионларнинг пайдо бўлиши жараёни.

### III Мустақил ва номустақил разряд

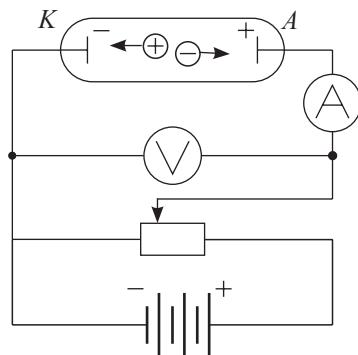
254-расмда газли найдаги (255-расм) ток кучининг майдон кучланганлигига боғликлік графиги күрсатылған. Электродлар орасидаги кучланиш майдон кучланғанлигининг анод ва катод орасидаги  $l$  масофага күпайтмасига тең:

$$U = El,$$

бунда  $l$  – доимий катталик бўлганидан, ток кучининг кучланишга ва кучланганликка боғликлигининг кўриниши бирдай.  $OA$  қисмида ток кучининг кучланишга боғлиқлиги тўғри пропорционаллик, Ом қонуни бажарилади. Кучланиш ортгани сайин ток кучининг ўсиши ионизатор таъсирида пайдо бўлган ионлар ва электронлар сони электродга келаётган зарядланган зарралар сони билан тенглашган пайтда тўхтайди, бу жараёнга графикдаги  $BC$  қисми мос келеди. Ток кучининг максимал қийматини тўйинган ток деб аталади, у ионловчи қувватига боғлиқ. Агар ионловчи ўчирилса, унда газ қайтадан диэлектрикка айланади, ток йўқолади.



254-расм. Газдаги разрядланишининг вольт – ампер характеристикаси



255-расм. Газ разряд трубкаси

Вольт-ампер характеристикадаги  $OD$  қисм фақат ионизатор бор бўлгандагина мумкин бўлган номустақил разрядга мос келади. Газда  $U_d$  юқори кучланиш бўлган ҳолда зарб орқали ионланиш бошланади, разряд мустақил разряд бўлади.

### IV Мустақил разряд турлари

**1) Учқун разряд.** Нормал атмосфера босимида майдон кучланганлиги юқори тахминан  $3 \cdot 10^6$  В/м бўлганда, газда учқун разряд пайдо бўлади. Разряд каналидаги газ  $10^4$  К-гача қизыйди ва нурлана бошлайди. Табиатдаги учқун разрядга мисол сифатида чақмоқни келтириш мумкин, унинг каналининг диаметри 25 см, ток кучи эса  $10^5$  А. Қиздиришда каналдаги газ зичлиги камаяди, босим кескин пасаяди. Пасайган босим соҳасига совук ҳаво йўналади ва ҳаво гулдираши каби товуш эффекти пайдо бўлади.



#### Эсада сақланг!

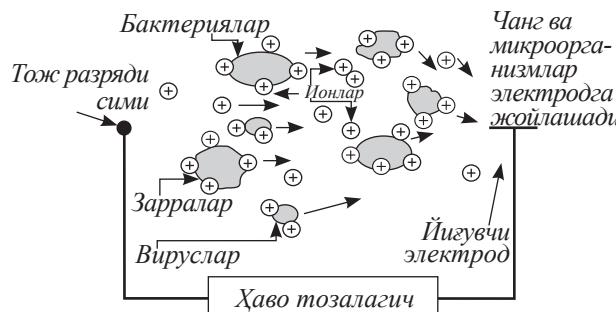
Агар найдаги газнинг босими атмосфера босимида паст бўлса, унда мустақил разряд фақат электродлар орасидаги кучланиш паст бўлган ҳолдагина мумкин.

Разрядланган газда зарядланган зарраларнинг эркин юриш йўли ортади, кучланиш паст бўлганда кинетик энергия ионланиш энергияси қийматига етади:

$$E_i = q \frac{U}{l} \lambda .$$

Учкун разряд металларга ишлов беришда ва кесишида (254-расм), ички ёнув двигателларида ёнувчи аралашмани ўт олдиришда құлланилади.

**2) Тож разряд.** Тож разряди вақтида күчсиз ёруғлик чиқади ва ғинғиллаган товуш пайдо бўлади. Разряд ўтказгичларнинг учли қисмлари яқинида, юқори кучланганлиги бир текис эмас майдонда, нормал ва юқори босимда кузатилади. Тож разряди кўчириш аппаратларда ва лазер принтерларда куқунни барабандан қофозга ташиш учун ва барабандан қолдиқ зарядни олиш учун қўлланилади. У электростатик фильтрда ҳам қўлланилади. Тож разряди таъсирида чанг зарралари, бактериялар ва вируслар электрланади ва асбобнинг катодига жойлашади (257-расм).



257-расм. Тож разряди билан чангни электрлари

**3) Ёй разряд.** Ёй разряд икки қўмир ёки металл электроллар орасида кучланишининг нисбатан кичик тахминан 60 В қийматида пайдо бўлади. Ёй разряд юқори 5000-6000 К-гача етадиган ҳароратда ёргу ёй пайдо бўлади. Ёй разрядда газ молекулаларининг зарб таъсирида ионланиши ва қизиган катоддан учиб чиқкан электронлар хисобига газнинг мустақил ионланиши рўй беради.

Ёй разрядни металларни пайвандлашда, пўлат эритиш ёй печларини тайёрлашда (258-расм), проекторлар, ультрабинафша нурланиш манбалари – кварц лампаларни ясашда кенг қўлланади.

**4) Милтиллама разряд.** Тахминан 10 Па паст босимда, ва 200–300 В атрофидаги юқори кучланишида газ разряд найида милтиллама разряд кузатилади. Унинг нурланиши найни тўлдирган газ турига боғлиқ бўлади (259-расм). Газ разрядли най энергия тежовчи люминесцент лампанинг



256-расм. Метални кесиши

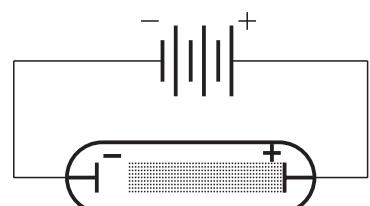


### Жавоби қандай?

Нега газразрядли катоддинг атрофида газ кўринмайди?



258-расм. Ёй пайвандлаши



259-расм. Газ разрядли най

асосий қисми хисобланади (260-расм). Қуввати 20 Вт люминесцент лампа қуввати 100 Вт чўғланма лампа каби ёруғлик бееради. Бундай лампаларнинг камчилиги уларда симбонинг заҳарли буғларининг ишлатилишидир.

## V Вакуумдаги заряд ташувчилар.

### Термоэлектрон эмиссия

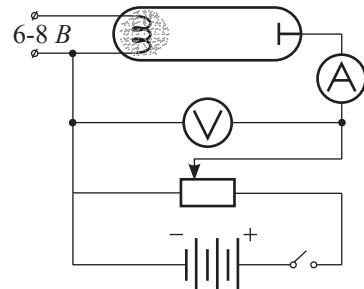
Вакуум – бу ҳавосиз фазо, унда заряд ташиб оладиган зарралар бўлмайди. Вакуумда электр токини олиш учун унга зарядланган зарраларни киритиш керак. Энг содда усул *термоэлектрон* эмиссия хисобланади.



**260-расм.** Энергия  
тежовочи люминесцент  
лампа

**Термоэлектрон эмиссия – метални юқори ҳароратгача қиздирганда ундан эркин электронлар учиб чиқиши.**

Вакуум найнинг спирал шаклидаги электродларининг бирини кучланиши 6–8 В ток манбаига улайди (261-расм). Ток ўтганда электрод юқори ҳароратгача қизиди ва электронлар чиқаради, улар электрон булатни ҳосил қиласди. Электронларни чиқарганда катод мусбат зарядланади ва электронларни ўз яқинида ушлаб туради. Катод ва анод орасида электр майдони бўлганда электронлар анодга тортилади.



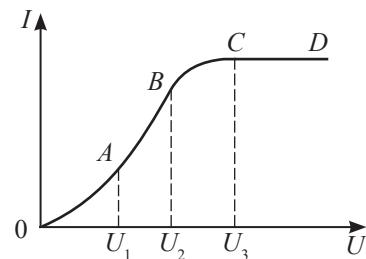
**261-расм.** Вакуумдаги токнинг вольт – ампер характеристикасини ўрганиши занжирининг схемаси

### Эсада сақланг!

Вакуумга киритилган зарядланган зарралар вакуумдаги заряд ташувчилар бўлиб хисобланади.

## VI Вакуумдаги ток кучининг кучланишга боғлиқлиги

261-расмда қурилма чизмаси берилган, бунда анод билан катод орасидаги кучланишни ўзгартириш учун потенциометр, электронлар оқими ҳосил қиласган ток кучини ўлчаш учун амперметр, кучланишни ўлчаш учун вольтметр ишлатилади. Вольт-ампер характеристика 262-расмда кўрсатилган. ОС кисмиди кучланишнинг ортишига боғлиқ ток кучи ортади, демак шунча кўп электронлар сони анодга томон харакатланади. Кучланишнинг  $U_1$  дан бошлаб,



**262-расм.** Вакуумдаги токнинг вольтампер характеристикаси

$U_2$  гача қийматлари оралиғида боғланиш чизиқли характеристерга эга. Мана шу жуда кичик күчланиш оралиғида Ом қонуну бажарилади. Үндан кейин күчланишни  $U_3$ -гача орттирганда, катоддан учиб чыккан барча электронлар түлиқ анодга томон йўналадиган пайт юзага келади. Бу ҳолда ток кучи күчланишнинг ўзгаришига боғлиқ бўлмай қолади, вакуум найда ток максимал қийматига – *тўйиниши токига* етади. Тўйиниши токи катод ҳароратига ва у ясалган металл хоссаларига боғлиқ.

## VII Электрон-нур трубкаси

Электродлар орасидаги күчланишни орттирганда вакуум трубкада анод атрофида яшил нурланиш пайдо бўлади. Электронлар берган кинетик энергияни шиша зарралари совуқ нурланиш – люминесценция кўринишида чиқаради. Бу ҳодиса электрон-нур трубкасида қўлланилади (*263-расм*).

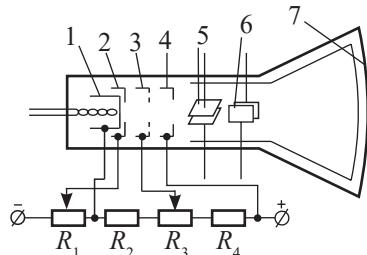
**Электрон-нур трубкаси – электр занжиридаги тез ўзгарадиган электромагнит ҳодисаларни ўрганадиган вакуум асбоб.**

У – узун ингичка бўйни ва кенг туби бор, люминофор (7) суртилган шиша колба (*263-расм*). Трубка бўйнида катоддан (1), манфий потенциалли бошқарувчи электроддан (2), мусбат потенциалли бўш цилиндрлар шаклидаги (3) ва (4) икки аноддан иборат электрон замбараги бар. Оғдирувчи пластиналарнинг (5) ва (6) икки жуфти электрон нурни вертикал ва горизонтал бўйича оғдиради. Экранда трубка пластиналарига берилган күчланишнинг ўзгариш қонунини ҳарактерловчи чизик – осциллографмма пайдо бўлади. Электрон-нур трубкаси осциллографнинг асосий қисми бўлиб ҳисобланади (*264-расм*).



### Жавоби қандай?

- Нега тўйинган ток катод ясалган материалнинг хоссаларига ва унинг қизишига боғлиқ?
- Нега электрон-нур трубкасида бир нечта анод бўлади?



**263-расм.** Электрон-нур трубкаси



### Эсада сақланг!

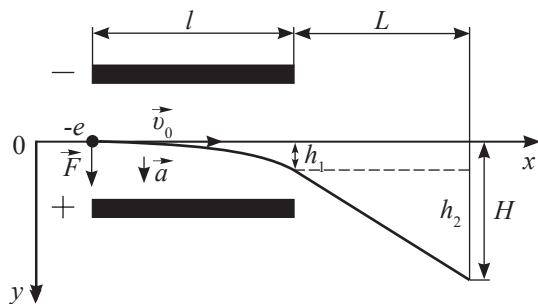
Вакуум найдаги электр токи электронларнинг йўналган ҳаракатини ҳарактерлайди.



**264-расм.** Осциллограф

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Кинетик энергияси  $W_k = 10$  кэВ бўлган электрон пластиналарининг орасида потенциаллар айрмаси  $U = 40$  В доимий сақланадиган ясси конденсаторга учиб киради (*расмни қаранг*). Пластиналар орасидаги масофа  $d = 1$  см, уларнинг узунлиги  $l = 10$  см. Конденсатордан  $L = 20$  см масофада экран жойлашган. Электроннинг бошлангич тезлиги пластиналарга параллел йўналган. Электроннинг экрандаги  $H$  силжишини аниқланг. Агар электрон ўрнига энергияси шундай протон олсак, жавоб қандай ўзгаради? Оғирлик кучини эътиборга олманг.



Берилган:	ХБС
$W_k = 10$ кэВ	$1,6 \cdot 10^{-15}$ Дж
$U = 40$ В	
$d = 1$ см	0,01 м
$l = 10$ см	0,1 м
$L = 20$ см	0,2 м
$H - ?$	

**Ечиш:**  
Оу ўки бўйлаб конденсаторнинг электр майдони кучи таъсирида электрон тезланишили ҳаракатланади:  

$$a = \frac{F}{m} = \frac{|e|E}{m} = \frac{|e|U}{md}.$$
  

$$Ox - ўки бўйлаб  $v_0 = \sqrt{\frac{2W_k}{m}}$  тезликда текис ҳаракатлади.$$

Конденсатор ичидаги электроннинг учуш вақти қуйидагича:  $t = \frac{l}{v_0} = \frac{l\sqrt{m}}{\sqrt{2W_k}}.$

Конденсатор ичидаги электроннинг  $h_1$  вертикал оғишини ва ундан учиб чиқсан пайтдаги  $v_y$  вертикал тезлигини аниқлаймиз. Электроннинг текис тезланувчан тезланишили ҳаракатланишини ҳисобга олиб, мана буни ёзамиз:  $h_1 = \frac{at^2}{2} = \frac{|e|UL^2m}{2md \cdot 2W_k} = \frac{|e|UL^2}{4dW_k},$

$$v = at = \frac{|e|UL\sqrt{m}}{md\sqrt{2W_k}} = \frac{|e|UL}{d\sqrt{2W_k}} = \frac{|e|UL}{dmv_0}.$$

Конденсатордан учиб чиққандан кейин электрон инерция бўйича тўғри чизиқли ва текис учади. Пластиналар ва электроннинг учиш йўналиши орасидаги  $\theta$  бурчакни қуйидаги нисбат орқали аниқланади:  $\tan\theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{eUL}{2dW_k}.$

$$\text{Кўшимча оғиш } h_2 = L\tan\theta = \frac{eULL}{2dW_k}.$$

$$\text{Унда } H = h_1 + h_2 = \frac{eUL}{2dW_k} \left( \frac{l}{2} + L \right) = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,5 \text{ см.}$$

Ҳисоблаш формуласига зарра массаси кирмаганидан, протон заряди электрон зарядига модули бўйича тенг бўлганидан, протон силжиши электрон силжишига тенг бўлади, бироқ қарама-қарши томонга йўналади.

**Жавоби:**  $H = 0,5$  см.

## Назорат саволлари

1. Қандай зарраларни газдаги зарядларни ташувчилар деб атайды?
2. Газни ионлаштирувчиларни атанг.
3. Қандай шартта газнинг мустақил ионланиши боради?
4. Мустақил ва номустақил разрядларнинг қандай фарқлари бор?
5. Мустақил разряднинг қандай турларини биласиз?
6. Қандай зарралар вакуумда заряд ташувчилар ҳисобланади?
7. Термоэлектрон эмиссия нима?
8. Вакуум трубка нималардан тузилган, у қандай хоссаларга эга?
9. Электрон-нур трубкаси қаерларда ишлатилади?



## Машқ

44

1. Электрон майдон кучланганлиги йўналишига қарама-қарши йўналишда  $1,83 \cdot 10^6$  м/с тезликда бир жинсли электр майдонига учиб киради. Агар ионлашиш энергияси  $2,8 \cdot 10^{-18}$  Ж бўлса, электрон водород атомини ионлаш учун қандай потенциаллар айирмасини ўтиши керак?
2. Агар ионлатгич ҳар секундда  $1 \text{ см}^2$  юзада  $10^9$  ионлар жуфтини ҳосил қилса, унда номустақил разрядда тўйиниш токи қандай бўлади? Ҳар бир параллел икки электроднинг юзаси  $100 \text{ см}^2$  ва уларнинг орасидаги масофа  $5 \text{ см}$ .
3. Агар молекулаларнинг ионланиш энергияси  $2,4 \cdot 10^{-18}$  Дж эркин йўл узунлиги  $5 \text{ мкм}$  бўлса, унда майдоннинг қандай кучланганлигига ҳавода мустақил разряд бўлади? Молекулалар билан тўқнашганда электронларнинг тезлиги қандай?
4. Телевизор кинескопидаги тезлатгич анод кучланиши  $16 \text{ кВ}$ , аноддан экрангача масофа  $30 \text{ см}$ . Электронлар шу масофани қанча вақтда ўтади?
5. Электрон-нур трубкасида узунлиги  $x = 4 \text{ см}$ , ясси конденсатор пластиналарининг орасида кинетик энергияси  $E_k = 8 \text{ кэВ}$  электронлар оқими ҳаракатланади, пластиналар орасидаги масофа  $l = 2 \text{ см}$ . Конденсатордан чиқиша электронлар оқимининг силжиши  $y = 0,8 \text{ см}$  бўлиши учун конденсатор пластиналарига қандай кучланиш бериш керак?

## Ижодий топширик

Қўйидаги мавзулар бўйича ахборот тайёрланг (танлов бўйича):

1. Мустақил разряд турлари.
2. Плазма ва унинг хоссалари.
3. Яшин қайтаргичнинг ишлаш принципи.
4. Электровакуум асбоблар: диод ва триод.

## 12-бобнинг хуносаси

Асосий катталиклар	Ҳисоблаш формуласи
Металлардаги ва вакуумдаги ток кучи	$I =  q_0 n v_{\text{др}} S$
Металдаги ва вакуумдаги ток зичлиги	$j =  q_0 n v_{\text{др}}$
Диссоциация даражаси	$\alpha = \frac{N_i}{N}$
Газлардаги ионланиш энергияси	$E_i = \frac{mv^2}{2} = qE\lambda ; E_i = g \frac{U}{l} \lambda$

### Қонунлар, қоидалар

#### Фарадейнинг биринчи қонуни:

Электролизда электродда ажраладиган модданинг массаси электролит орқали ўтадиган зарядга тўғри пропорционал бўлади.

#### Фарадейнинг иккинчи қонуни:

Моддаларнинг электрохимиявий эквиваленти уларнинг химиявий эквивалентларига тўғри пропорционал.

### Глоссарий

**Гальваностегия** – метал буюм сиртига бошқа металдан ҳимоя ёки декоратив қатламини қоплашнинг электрохимиявий жараёни.

**Ярим ўтказгичти диод** –  $p$ -тип ва  $n$ -тип ярим ўтказгичларнинг контакти.

**Ток зичлиги** – ток кучининг ўтказгичнинг кўндаланг кесими юзига нисбатига тенг физик катталиқ.

**Ярим ўтказгичлар** – ўзининг солиштирма ўтказувчанлиги бўйича ўтказгичлар ва диэлектриктер орасидаги оралиқ ҳолатни эгалловчи моддалар. Улар ўтказгичлардан солиштирма каршилигининг аралашмалар концентрациясига, ҳароратга ва турли нурланишларнинг таъсирига кучли боғлиқлиги билан фарқланади.

**Аралашмали ўтказувчанлик** – акцептор ёки донор аралашмали ярим ўтказгичдаги ўтказувчанлик.

**Рекомбинация** – ионларнинг бирикиб нейтрал молекулаларга айланиш жараёни.

**Хусусий ўтказувчанлик** – ярим ўтказгичларнинг электрон-тешикли ўтказувчанлиги.

**Диссоциация даражаси** – молекулаларнинг қандай қисми ионларга ажralишини кўрсатадиган катталиқ.

**Ўта ўтказувчанлик** – электр каршилиги нолга яқин бўлган ўтказгичнинг ҳолати.

**Ўта ўтказгичлар** – ўта ўтказувчанлик ҳолатидаги моддалар.

**Каршилигининг ҳарорат коэффициенти** – ўтказгичнинг ҳарорати 1 К ортганда ўтказгич каршилигининг ўзгаришини характерловчи физик катталиқ.

**Термистор** – қаршилиги ҳароратга боғлиқ бўлган ярим ўтказгичли резистор.

**Термоэлектрон эмиссия** – метални юқори ҳароратгача қиздирганда ундан эркин электронларнинг чиқиши.

**Транзистор** – икки  $p$  –  $n$  ўтишли ярим ўтказгич асбоб.

**Зарб орқали ионлаш** – атомлар ёки молекулаларни тез электронлар билан тўқнашуви натижасида мусбат зарядланган ионларнинг хосил бўлиш жараёни.

**Фоторезистор** – қаршилиги ёритилишига боғлиқ бўлган ярим ўтказгичли резистор.

**Электролитлар** – сувли эритмалари ток ўтказувчи бўлган моддалар.

**Электролиттик диссоциация** – эритма таъсирида молекулаларнинг ионларга ажралиши.

**Электролиз** – электролит орқали ток ўтганда электродларда модда ажралиши ҳодисаси.

**Электрохимиявий эквивалент** – электролит орқали бирлик заряд ўтганда электродда моддининг қандай массаси ажралишини кўрсатадиган физик катталик.

**Электрон-нур трубка** – электр занжирларидағи тез ўзгарадиган электромагнит ҳодисаларни тадқиқ қиласидиган вакуум курол.

## 13-БОБ

### Магнит майдони

Магнетизм тарихи Кичик Осиёning қадимги маданиятидан бошланган. Кичик Осиё ҳудудидаги Магнезияда бир-бираига тортиладиган тош кони топилган. Намуналарни «магнетиклар» деб аташган. Магнетиклар магнит майдони орқали ўзаро таъсирашади. Магнит майдони доимий магнитда, ҳаракатдаги зарядланган зарралар атрофида пайдо бўлади. Катта портлашдан кейин, Коинотнинг дастлабки пайдо бўлган пайтидан бошлаб, фазо кўплаган ҳаракатдаги протонлар, электронлар, шунингдек водород ва гелий ионларига тўла бўлган. 2010 йили Калифорния техник институтининг Шиничиро Андо ва Лос-Анжелеснинг Калифорния университетининг Александр Кусенко астрофизиклари жуда массив қора ўра расмлари бўйича Коинотнинг реликт магнит фонини аниқлашди. Уларнинг фикрича, расмларнинг аниқ эмаслиги барча коинотни кесиб ўтувчи магнит фонга боғлиқ.

*Магнит майдони – ҳаракатдаги электр зарядига, токли ўтказгичга, магнит моменти бор жисмларга таъсир этадиган материя тури.*

Магнит майдонининг техник қўлланилиши барча электротехниканинг, радиотехниканинг ва электрониканинг асосида ётади. Магнит майдонлари дефектоскопияда, бошқариладиган термоядро синтезида иссиқ плазмани ушлаш туриш учун зарядланган зарралар теззлатгичларида ишлатилади.

#### Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:

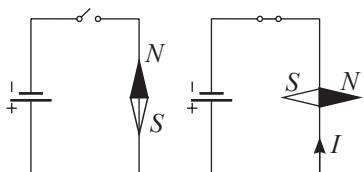
- Ҳозирги замонавий техниканинг ютуклари (магнит ёстиқчали поездлар.) ва масалалар ечиш асосида магнит индукция векторининг физик маъносини тушунтиришни;
- электр двигателлардаги электр ўлчов асбобларининг ишлаш принципини тушунтиришни;
- адрон коллайдир, токамак, магнит тузоқнинг, циклотроннинг ишлаш принципини таҳлил қилишни ва қутбий нурланишлар (қутб ёғдуси) табиатини тушунтиришни;
- ҳаракатдаги зарядланган заррага магнит майдонининг таъсирини ўрганишни;
- моддаларни магнит хоссаларига боғлиқ саралашни ва уларнинг қўлланиш соҳасини аниқлашни;
- магнит материаллардан (неодим магнити, датчиклар, сейсмографтар, металл детекторлар) фойдаланишни замонавий йўналишларини, уларнинг қўлланиш жараёнларини таҳлил қилишни ўрганасиз.

## 45§. Токнинг ўтказгич билан таъсиралишиши, Ампер ва Эрстед тажрибалари. Магнит индукция вектори. Токли чексиз тўғри ва доиравий ўтказгичнинг магнит майдон индукцияси. Парма қоидаси

### Кутиладиган натижা:

Бу параграфни ўзлаштирғанды:

- замонаэвий техника ютуқлари (магнит ёстиқчалардаги поездлар ва ш.к.) ва масалаларни ечиш асосида магнит индукция векторининг физик маъносини тушунтиришини ўрганасиз.

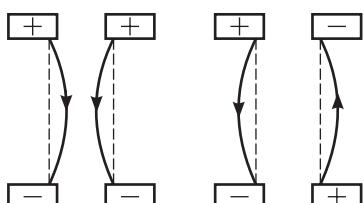


265-расм. Эрстед тажрибаси



### Жаубабы қандай?

Нега Эрстед тажриба ўтказишда токли ўтказгични Ер меридиани бўйлаб жойлаштируди?



266-расм. Ўтказгичнинг ток билан таъсиралишиши

### I Эрстед тажрибалари

1820 иили даниялик олим Эрстедга тажрибада токли ўтказгич атрофида магнит майдонини аниқлаш имкони туғилди. У меридиан бўйлаб жойлашган ўтказгич учига ингичка магнит стрелкани осиб қўйди (265-расм). Калит уланганда магнит стрелка бурилиб, ўтказгичга тик бурчак остида жойлашди. Эрстед тажрибани газ тўлдирилган газ разряд ва электролитли найчалар билан қайта ўтказиб, куйидаги хulosага келди: *исталган муҳитда ҳаракатдаги зарядларнинг атрофида магнит майдони пайдо бўлади*.

Электр токининг уч таъсири (иссиқлик, химиявий ва магнит) ичидаги фақат магнит таъсиригина исталган ҳолда ва исталган муҳитда кузатиласи.

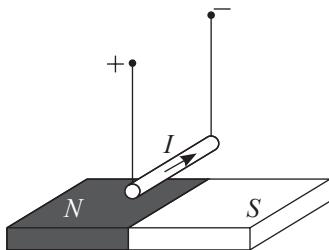
### II Ампер тажрибалари

А.Ампер доимий магнит магнит майдонининг токли ўтказгичга таъсирини ва токли ўтказгичларнинг ўзаро таъсирини ўрганди. У бир неча тажрибалар ўтказиб, натижада куйидаги хulosага келди:

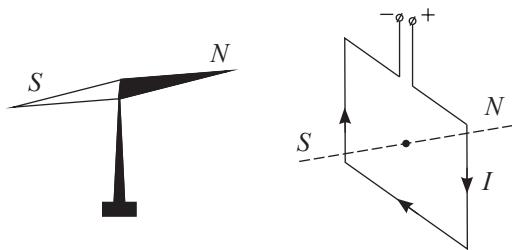
- агар икки параллел ўтказгичдаги токларнинг йўналишлари бирдай бўлса, улар бир-бирига тортилади, токларнинг йўналишлари қарама-қарши бўлса, итарилади (266-расм).
- ингичка ипга осилган токли ўтказгич тўғри магнит ўқига перпендикуляр жойлашади (267-расм).
- Ернинг магнит майдони токли рамкага ва магнит стрелкага йўналтирувчи таъсир қўрсатади. Бунда магнит стрелканинг ўқи ўрам текислигига перпендикуляр (268-расм).

### III Тўғри ва доиравий токнинг магнит индукцияси

**Магнит майдонининг токли ўтказгичга куч таъсирини характерловчи физик каталикни магнит индукцияси деб аталади.**



**267-расм.** Түгри магнит ва токли ўтказгичнинг ўзаро таъсирлашиши



**268-расм.** токли рамка текислигига перпендикуляр фазода магнит стрелка каби йўналади

Француз физиклари **Ж.Био** ва **Ф.Савар** 1820 иили тажрибада тўғри ток учун магнит индукцияси катталигини аниқлашди:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}, \quad (1)$$

бу ердаги  $B$  – токли тўғри ўтказгичнинг магнит индукцияси, майдоннинг куч характеристикаси;  $I$  – ўтказгичдаги ток кучи, а – фазо нуқтасидан ўтказгичча энг қисқа масофа (269-расм):

$$[B] = 1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}.$$

Француз физиги ва математиги П.Лаплас эксперимент натижаларини тўплаб, исталган шаклдаги ўтказгич майдонининг магнит индукциясини аниқлашга имкон берувчи қонуниятни кашф қилди:

$$|\vec{B}| = \left| \sum_{i=1}^n \vec{B}_i \right| = \frac{\mu_0}{4\pi} \sum \frac{I_i \Delta l_i \sin \alpha_i}{R_i^2}, \quad (2)$$

бу ердаги  $\vec{B}_i$  – майдоннинг магнит индукцияси,  $I_i \Delta l_i$  – ток элементи,  $\alpha_i$  – ток элементи ва майдоннинг магнит индукцияси аниқланадиган фазо нуқтаси билан ток элементини бирлаштирувчи тўғри чизик орасидаги бурчак;  $R_i$  – фазонинг берилган нуқтасидан ток элементгача масофа.

(2) қонуният – *Био–Савар–Лаплас қонунининг математик ифодаси*. Шу қонун асосида доиравий токнинг магнит индукциясини ҳисоблаш формуласи олинган (270-расм):

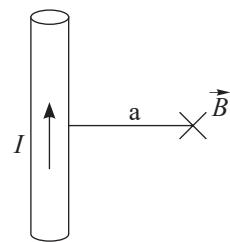
$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}, \quad (3)$$

бу ерда  $R$  – ўрам радиуси.

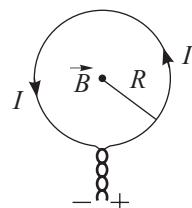


**Жавоби қандай?**

Нега чақмоқ темир жисмларни электрлай олади?



**269-расм.** токли ўтказгичдан узоқлашган сайин магнит индукция майдони заифлашиади



**270-расм.** Ўрамнинг радиуси катталашганда доиравий токнинг ўртасида магнит индукцияси камаяди.

Шу қонун бўйича ҳисобланган соленоид – ўрам сони  $N$  жуда кўп, узунлиги ўрам диаметридан анча катта  $1 \gg d$  бўлган ғалтакнинг ичидаги магнит майдонининг индукцияси қўйидагига тенг:

$$B = \frac{\mu_0 N}{l} I \quad (4)$$

ёки  $B = \mu_0 n I$ ,  $(5)$

бу ердаги  $n = \frac{N}{l}$  – бирлик узунликдаги ўрам сони.

Майдоннинг магнит индукцияси токнинг доимий қийматида ўзгармас катталик бўлиб қолади, демак, соленоид ичидаги магнит майдони бир жиснсли, куч чизиклари ўзаро параллел (271-расм).

Био-Савар-Лаплас қонуни магнит майдонининг суперпозиция принципига мос келади:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n .$$

Токли бир неча ўтказгичнинг ҳосил қилган магнит майдони индукцияси шу майдонлар магнит индукцияларининг векторий тигиндиси сифатида аниқланади.

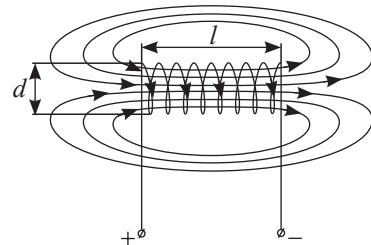
#### IV Тўғри ва доиравий токларнинг магнит майдонларининг куч чизиклари

**Магнит майдонининг куч чизиклари – ҳар бир нуқтасига ўтказилган уринмалар магнит индукция векторининг йўналишини кўрсатадиган чизиклар.**

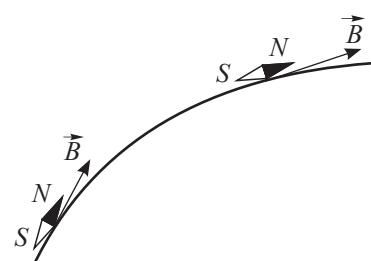
Магнит майдони чизикларининг йўналишини магнит стрелканинг шимолий кутби кўрсатади (272-расм). Бу йўналишни майдоннинг магнит индукцияси йўналиши деб хисоблаш қабулланган. Тўғри ва доиравий ток магнит майдони куч чизикларининг йўналиши парма қоидаси билан аниқланади.

Агар парманинг илгариланма ҳаракати ўтказгичдаги ток йўналиши билан мос тушса, унда парма дастасининг айланма ҳаракати магнит майдонининг куч чизикларининг йўналишини кўрсатади (273-расм).

Магнит куч чизикларини текисликда тасвирлаш осон бўлиши учун магнит индукция векторини камон ўқи сифатида тасвирлаб, нуқталар (ўқнинг «учлари») ва айқаш чизиклардан (ўқнинг «пати») фойдаланилади. Агар вектор нуқталар шаклида тасвирланса, унда у чизма текислигига перпендикуляр ичкарига йўналган, агар айқаш чизиклар ( $x$ ) шаклида тасвирланса, унда вектор чизма текислигига перпендикуляр, бироқ бизга томон йўналган бўлади. 274-расмда ток бизга томон йўналган ўтказгич кесмаси кўрсатилган. Ўтказгич атрофидаги магнит майдонининг куч чизиклари концентрик айланалар бўлади, улар соат стрелкасига қарши йўналган. 275-расмда

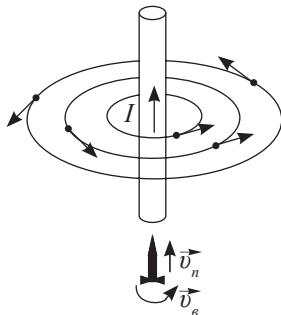


271-расм. Соленоид ичидаги магнит майдони бир жиснсли

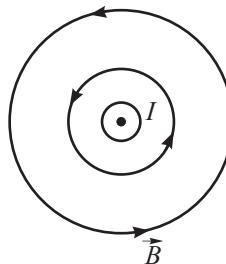


272-расм. Магнит стрелканинг шимолий қутби магнит майдони куч чизикларининг йўналишини кўрсатади

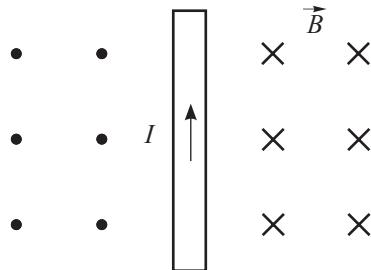
кесим токли ўтказгич бўйлаб олинган, магнит майдонининг куч чизиқлари расм текислигига перпендикуляр йўналган, ўтказгичнинг чап томонида улар бизга, ўнг томонида ичкарига йўналган. 276 а, б, в) расмларда бир ёки бир неча ўрамлар учун доиравий токнинг куч чизиқлари тасвирланган.



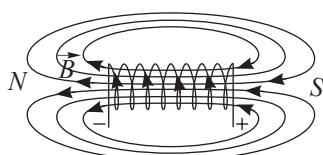
**273-расм.** Парма қоидаси бўйича ўтказгичнинг магнит майдони куч чизиқларининг йўналишини аниқлаши



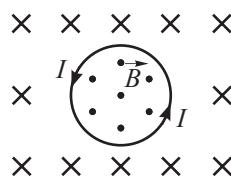
**274-расм.** Ўтказгичнинг кўндаланг кесимида куч чизиқларининг расми



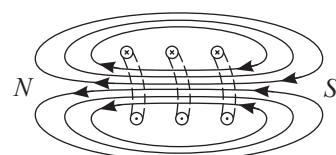
**275-расм.** Ўтказгичнинг бўйлама кесимида куч чизиқларининг расми



а)



б)



в)

**276-расм.** Доиравий токнинг куч чизиқлари

Токли ғалтакнинг магнит майдони йўналиши ўнг кол қоидаси билан осон аниқланади:

Агар ўнг қўллимизни галтакка тўрт бармогимиз унинг ўрамидаги токнинг йўналишини кўрсатадигандай жойлаштиурсак, унда  $90^{\circ}$ -га очилган боши бармоқ магнит майдонининг йўналишини кўрсатади.

Электр майдони куч чизиқларидан фарқли ҳолда, магнит майдонининг куч чизиқлари ҳар доим берк бўлади.

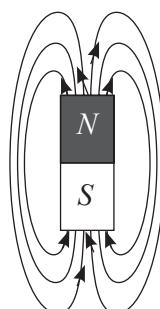
## V Ампер гипотезаси

А.Ампер доиравий токнинг магнит майдони ва тўғри магнитнинг магнит майдони орасидаги ўхшашликни пайқаб (276 а) расм ва 277-расм), 1820 йили қуидаги гипотезани таклиф қилди: доимий магнитларнинг магнит хоссалари ундан элементар доиравий токларнинг мавжудлигига асосланган. Атом тузилиши соҳасидаги кашфиётлар орқали, ядро



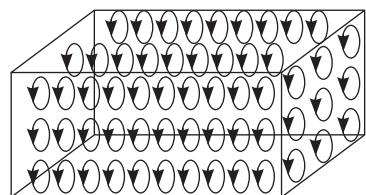
### 1-топширик

276 а-б-расмларга қараб, парма қоидаси ёки ўнг қўл қоидаси бўйича доиравий ток ҳосил қилган магнит майдон куч чизиқларининг йўналишини аниқланади.



**277-расм.** Тўғри магнитнинг магнит майдони

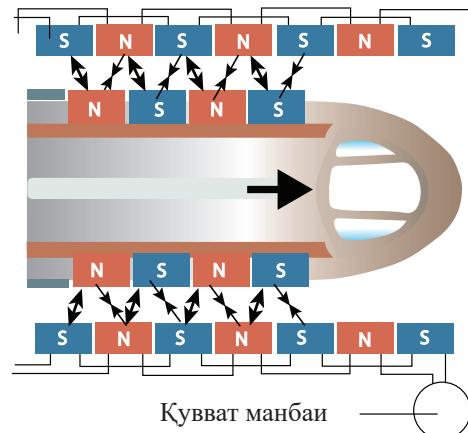
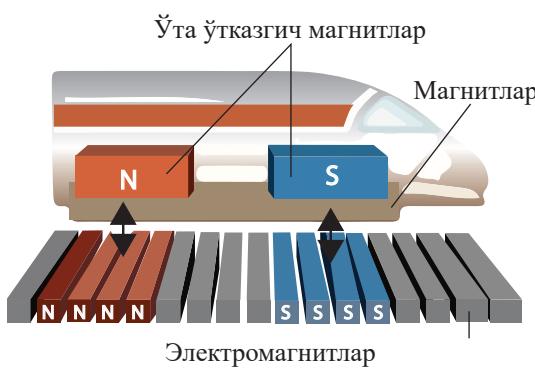
атрофида электронларнинг ҳаракатидан элементар токлар пайдо бўлиши аниқланди. 278-расмда магнитланган темир брускода элементар токларнинг тартибли жойлашиши кўрсатилган. Брускни бўлакларга бўлгандан элементар токларнинг жойлашиши ўзгармайди. Кичик бруск ҳам катта бруск каби хоссаларга эга бўлади. Ампер гипотезаси магнит кутбларининг ажралмаслигини ва катта магнитни бўлгандан худди шундай кичик магнитларнинг пайдо бўлишини осон тушуниради.



**278-расм.** Ядро атрофидаги магнит майдонини электронларнинг айланма ҳаракати юзага келтиради

### 3-топширик

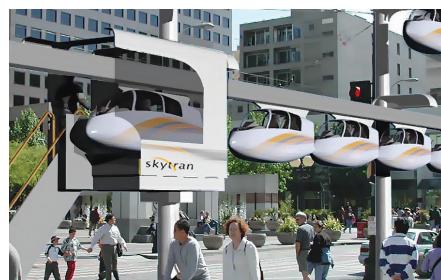
279-расмга қараб, «магнит ёстигидаги» поездни ҳаракатга келтирувчи ва левитацияга учратувчи системанинг ишлаш принципини тушуниринг. Интернет тармоғидаги ахборот манбалиридан фойдаланиб, Берлиндаги, Бирмингемдаги, Шанхайдаги, Япониядаги дастлабки магнит осмасидаги поездларнинг технологияларини солиштиринг.



**279-расм.** Поезднинг «магнит ёстигидаги» осма системаси

### Бу қизиқ!

Тель-Авив ўзини магнитли осмадаги транспорт тизими бор шаҳарга айлантиришни мақсад қилиб қўйган (280-расм). Бу тизимни Калифорниядаги Эймс номидаги НАСА тадқиқот марказида асос солинган SkyTran компанияси ва НАСА инженерлари яратишиди. Компания бу автотранспорт ва автобуслар тизимини алътернатив экологик тоза, арzon, тез ва қулай тизим дейди. Бу система керакли жойгача тўхташларсиз ва қаршиликсиз сирпаниб боради. Пробка масаласи ҳам бир йўла ҳал бўлади.



**280-расм.** Магнитли осмадаги транспорт

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

I ток ўтаётган чексиз узун ўтказгичнинг а) расмда кўрсатилгандек ўрами бор. О нуқтада магнит майдонининг индукцияси шу нуқтадаги тўғри токнинг магнит майдони индукциясидан б) расмда қанча марта фарқланади?

**Берилган:**

$I$

$$\frac{B_0}{B'_0} - ?$$

**Ечиш:**

Ўтказгич а) расмда кўрсатилгандек осилганда тўғри ток ва ўрам хосил қилган магнит майдонининг индукция векторлари  $\vec{B}_1$  ва  $\vec{B}_2$ , қарама-қарши томонларга йўналган, шу сабабли:

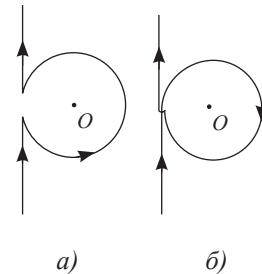
$$B_0 = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 I}{2r} \left( \frac{1}{\pi} - 1 \right)$$

Ўтказгич б) расмда кўрсатилгандек осилганда, магнит майдонининг индукция векторлари бир йўналишда йўналган, демак:

$$B'_0 = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0 I}{2r} \left( 1 + \frac{1}{\pi} \right).$$

$$\text{унда } \frac{B_0}{B'_0} = \frac{\pi - 1}{\pi + 1}$$

$$\text{Жавоби: } \frac{B_0}{B'_0} = \frac{\pi - 1}{\pi + 1}.$$



a)

b)

### Назорат саволлари

- Магнит майдонини қандай хосил қилишга бўлади?
- Токли ўтказгичлар қандай таъсирлашади?
- Магнит майдони қандай тасвирланади?
- Парма қоидаси орқали нима аниқланади?
- Токли ўтказгияч майдонининг магнит индукцияси ток кучига қандай боғлиқ?
- Ампер гипотезасининг моҳияти нимада?



**Машқ**

**45**

- Икки пўлат бруск берилган, улардан бири магнитланган. Шу брускадардан бошқа ҳеч нарсадан фойдаланмай, қайси бруск магнитланганини қандай билиш мумкин?
- Чексиз узун ўтказгичдаги ток кучи  $I = 20$  А-га teng. Ўтказгичдан  $r = 5$  см масофада изоляцияланган нуқтадаги магнит индукциясини аниқланг.

3. Икки узун параллел ўтказгич бир-биридан  $d = 5$  см масофада жойлашган. Ўтказгичларда қарама-қарши йўналишда бирдай  $I = 10$  А ток ўтаяпти. Биринчи ўтказгичдан ва иккинчи ўтказгичдан  $r_1 = 2$  см масофадаги нуқтада магнит индукциясини аниқланг
4. Радиуси  $R = 5,8$  см доиравий ток майдонининг марказидаги магнит индукцияси  $B = 1,3 \cdot 10^{-4}$  Тл. Ток кучини топинг.

### Ижодий топширик

Қуйидаги мавзуларда ppt- презентация тайёрланг:

1. Ўта ўтказгич магнитлар.
2. Магнитларнинг техникада қўлланилиши.

## 46§. Ампер кучи. Чап қол қоидаси

### Кутиладиган натижабы:

Бу параграфни ўзлаштирғанда:

- Электр үлчөвчи асбоблари ва электр двигателларининг ишиш принципларини тушунтиришини ўрганасиз.



### Ўз тажрибанг

Ампернинг тажрибасини тақорлапнанг.  
Ўзгармас ток манбаига ўтказгични улаб, майдонига тақасимон магнитни яқынлаштиринг (281-расм).  
Токли ўтказгичнинг оғишини белгилаб олинг. Магнитнинг кутбларини алмаштириб, ўтказгичнинг оғиш бурчаги қандай ўзгаришини аниқланг.  
Тажрибани иккита магнит билан тақорлапнанг.  
Ўтказгичдаги ток кучини ўзгартиринг.  
Ўтказилган тажрибага холоса чиқаринг.



### 1-топшириқ

Чап күл қоидасини фойдаланиб, 281 а) ва б) расмларда кўрсатилган токли ўтказгичнинг оғиши тўғри тасвирланганларига ишонч ҳосил қилинг.

### I Ампер қонуни

А.Ампер ўтказган тажрибалар токли ўтказгичга таъсир этувчи куч магнит индукцияси катталигига ва унинг йўналишига боғлиқлигини кўрсатди. Бунга 279-расмда келтирилган тажрибадан ишонч ҳосил қилишга бўлади.

Магнит майдони томонидан токли ўтказгичга таъсир этувчи кучни Ампер кучи деб аталади.

Ўтказилган тажрибаларнинг натижасига кўра Ампер қуидаги холосага келди:

**Токли ўтказгичга магнит майдон тономидан таъсир этувчи куч магнит индукциясининг  $B$  перпендикуляр ташкил этувчисининг,  $I$  ток кучининг ва  $\perp$  ўтказгич узунлигининг кўпайтмасига тенг.**

$$F_A = B \perp I l \text{ ёки } F_A = B I l \sin \alpha, \quad (1)$$

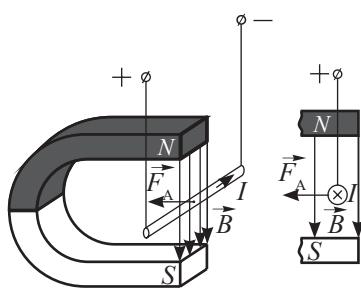
бу ердаги  $\alpha$  –  $\vec{B}$  В магнит индукцияси вектори ва ток йўналиши орасидаги бурчак. Олинган формуладан, agar  $\sin \alpha = 1$  ёки  $\alpha = 90^\circ$  бўлса, ўзаро таъсирлашиш кучининг энг катта қийматга эга бўлиши қўринади.

Ампер қонунини асосида магнит майдонининг куч характеристикаси сифатида магнит индукциясининг физик маъноси очилди:

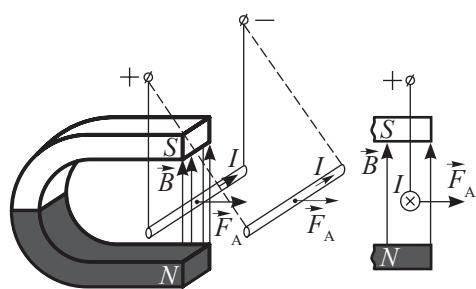
$$B = \frac{F_A}{I l \sin \alpha} \quad (2)$$

ва магнит индукциясининг ўлчов бирлигининг кучининг ўлчов бирлиги билан боғланниши белгиланди:

$$[B] = 1 \text{ Tl} = 1 \frac{H}{A \cdot m}.$$



a)



b)

281-расм. Магнит майдонида токли ўтказгичнинг оғиши

## II Ампер кучининг йўналиши

Ампер кучининг йўналиши чап кўл қоидаси бўйича аниқланади:

Агар чап кўлмизни магнит индукция вектори кафтилизга кирадиган қилиб ва очилган тўрт бармоғимиз токнинг йўналишини кўрсатадиган қилиб жойлаштирасак,  $90^\circ$ -га керилган бош бармоқ Ампер кучининг йўналишини кўрсатади.

Агар магнит индукцияси векторининг йўналиши ва ўтказгичдаги ток кучи орасидаги бурчак  $90^\circ$  бўлса, унда чап кўл қоидаси бажарилади. Агар бурчак  $90^\circ$ -дан кичик ёки катта бўлса, унда магнит индукцияси векторини  $\vec{B}$  токли ўтказгичга нисбатан параллел ва перпендикуляр ташкил этувчиларга ажратиш керак (282-расм).

$$B_{\perp} = B \sin \alpha. \quad (3)$$

Ампер кучининг йўналиши перпендикуляр ташкил этувчи бўйича аниқланади.

## III Параллел токларнинг ўзаро таъсиралишиш кучлари

Бир-биридан  $R$  масофада параллел жойлашган ўтказгичлар орқали  $I_1$  ва  $I_2$  токлар ўтсан. Биринчи ўтказгичнинг магнит майдони иккинчи ўтказгичга (283-расм), Ампер қонунига кўра, куч билан таъсири этади.

$$F_A = B_1 I_2 l \sin \alpha \quad (4)$$

Токли тўғри ўтказгич майдонининг магнит индукцияси қўйидагига teng:

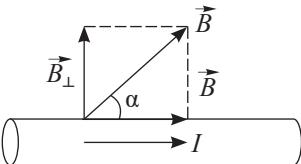
$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}. \quad (5)$$

(5)-ни (4)-га қўйиб, токли тўғри ўтказгичнинг ўзаро таъсиралишиш кучини ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$F_A = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}. \quad (6)$$

## IV Магнит майдонинидаги токли рамка

Ампер токли ўтказгичга Ернинг магнит майдонининг йўналтирувчи таъсирини пайқади. Токли рамкани тақасимон магнит майдонига жойлаштириб, унинг айланисини кузатди: рамка ток магнит майдонининг шимолий кутбидан жанубий кутбига бурилди. Бир жинсли майдонда рамка фақат айланма ҳаракат қиласди (284-расм). Бир жинсли эмас майдонда, рамка бурилиб, магнит майдонининг индукцияси ортадиган томонга караб силжийди (285-расм).

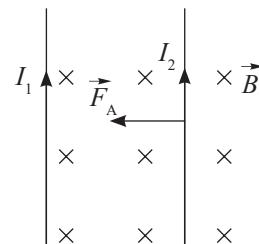


**282-расм.** Магнит индукция векторини ташкил этувчиларга ажратши



### Жавоби қандай?

Нега токли ўтказгич индукция векторига параллел жойлашганда оғмайди?

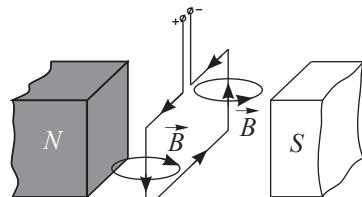


**283-расм.** Ўтказгичнинг ток билан таъсиралиши



### Жавоби қандай?

Агар ғалтак орқали ўзгармас ток ўтса, унда нега токли ғалтак сиқилиади?



**284-расм.** Доимий магнит ва токли рамканинг магнит майдонларининг таъсиралиши

## V Магнит майдонинидағы токли рамкага таъсир этувчи айлантирувчи момент

Рамкага таъсир этувчи күчларнинг айлантирувчи моментини унинг уч ҳолатида аниқлаймиз:

1. Токли рамкани магнит күтблари орасига рамка юза-сига ўтказилган нормал магнит индукцияси билан  $90^\circ$  бурчак ҳосил қиласидан қилиб жойлаштирайлик (286 а, б) расм).

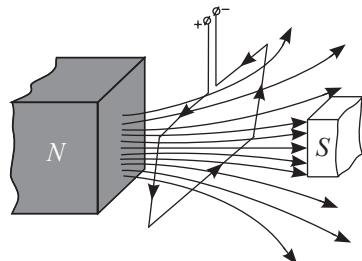
Рамкага ўтказилган нормалнинг контурдаги токка нисбатан йўналиши парма қоидаси билан аниқланади, у рамкадаги ток ҳосил қиласиган хусусий магнит майдонининг йўналиши билан мос келади.

Рамканинг  $AB$  ва  $CD$  томонлари магнит индукция векторига параллел, демак магнит майдони уларга таъсир этмайди.  $AD$  ва  $BC$  томонларига катталиги бўйича тенг, бироқ қарама-қарши йўналган Ампер күчлари таъсир этади. Күчларнинг кўйилиш нуткали ҳар хил, шунинг учун қўш куч таъсирида рамка соат стрелкасига қарши бурилади. Куч моментларининг йигиндиси қўйидагига тенг:

$$M = M_1 + M_2 = F_A \frac{b}{2} + F_A \frac{b}{2} = F_A b = B \cdot I \cdot l \cdot b \sin \alpha,$$

бу ердаги  $b$  – рамка эни,  $l$  – рамка узунлиги,  $\alpha - \vec{B}$  ва  $I$  векторлари орасидаги бурчак.

Рамка узунлиги ва энининг кўпатмасини рамка юзи билан алмаштирасак:  $S = lb$ , шунда:  $M = BIS \sin \alpha$



285-расм. Бир жиснсли эмас магнит майдонидаги токли рамка.

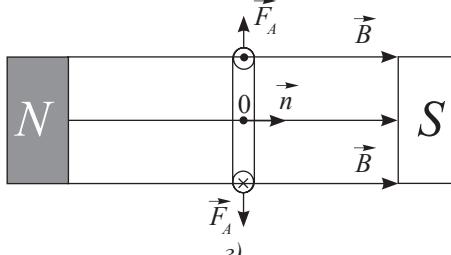
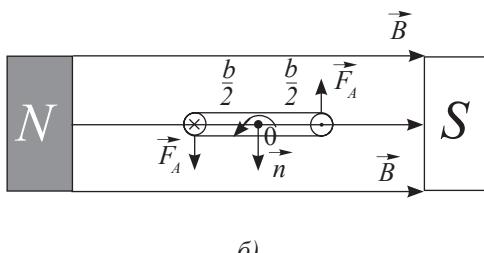
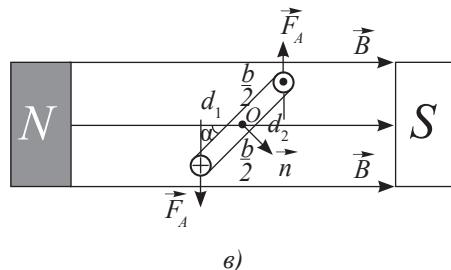
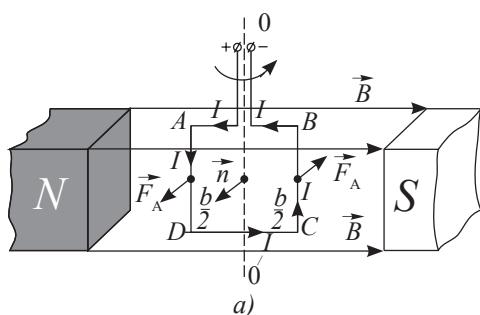
### Эсада сақланг!

Магнит майдонида пайдо бўлган айланиш моменти токли рамкани буради. Аниқроқ айтсак, рамка юзига ўтказилган нормаль магнит майдони куч чизиклари бўйлаб йўналиб бурилади. Магнит стрелка йўналишига томон бурилади.



### Жавоби қандай?

Нега магнит майдонидаги токли рамка муовозанат ҳолатида айланшини тўхтатмайди?



286-расм. Бир жиснсли магнит майдонидаги токли рамканинг турли ҳолатларида Ампер кучининг елкалари ўзгаради.

Бурчак  $\alpha = 90^\circ$ , демак  $\alpha = 90^\circ$ , айлантирувчи момент энг катта қийматга эга бўлади:

$$M_{\max} = BIS.$$

2. Рамка бирор  $\phi = \omega t$  бурчакка бурилгандағи куч моментини аниқлайлик, бу ердаги  $\omega$  – рамка айланышининг бурчак тезлиги (286, в-расм). Куч елкалари ўзаро тенг бўлади. Куч елкалари ўзаро

$$\text{тенг бўлади: } d_1 = \frac{b}{2} \cos \varphi, \quad d_2 = \frac{b}{2} \cos \varphi, \quad \text{кучлар-}$$

нинг айлантирувчи моменти елкаларининг ўзгаришини ҳисобга олиб ёзамиз:

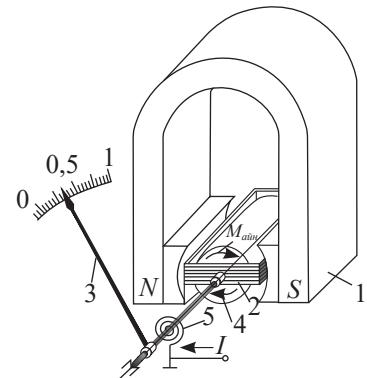
$$M = Fbcos\varphi = BIScos\varphi$$

Рамканинг  $\phi$  бурилиш бурчагини рамка юзига нормаль билан В магнит индукцияси вектори орасидаги бурчак орқали ифодалайлик, уни  $\alpha$  деб белгилайлик, унда  $M = BIS\cos(90^\circ - \alpha)$  ёки:  $M = BIS\sin\alpha$ .

3. Рамкада нормаль йўналиши магнит индукция векторининг йўналиши билан мос келганда куч елкалари ва айлантирувчи момент нолга тенг бўлади (286, г-расм), рамканинг бундай ҳолати мувозанат ҳолат бўлади.

### 2-топшириқ

287-расмдаги магнит-электрик асбобнинг схемасини қаранг. Асбобнинг асосий қисмларини ва унинг ишлаш принципини айтинг. Қандай асбобнинг ишлаш принципи шунга асосланган?

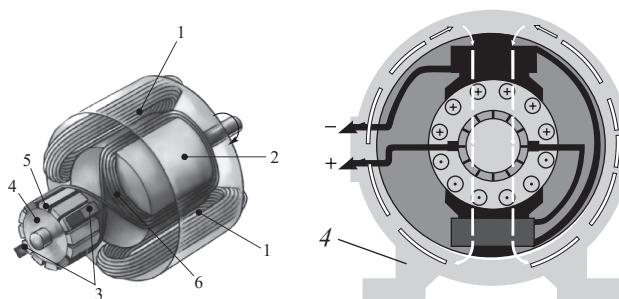


**287-расм.** Магнит-электрик системали ўлчов асбоби.



### Жавоби қандай?

- Магнит-электрик система асбобларидағи ўзакнинг вазифаси қандай?
- Нега магнито электрик асбоблар фақат ўзгармас ток ва кучланиши ўлчашга мўлжалланган?



**288-расм.** Электр двигатели

### 3-тотшириқ

Электр двигателенинг схемасини қаранг.

288-расмда кўрсатилган электр двигателенинг асосий қисмларининг номларини берилган номерларга мослаштиринг.

Двигателнинг асосий қисмлари: статор, коллектор, чўткалар, ротор ўрами, кўздириш ўрами, ротор ўзаги.

Двигателнинг ишлаш принципини тушунтиринг.



### Жавоби қандай?

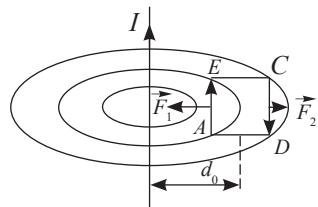
- Нега ўзгармас ток двигателенинг коллектори алоҳида-алоҳида пластиналардан тузилган?
- Нега қувватли двигателларда доимий магнитлар ўрнига электромагнитлар ишилатилади?

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Фалтак рамка  $I = 10$  ток ўтгаётган узун түғри ўтказгич сим ёнига жойлаштирилган. Рамка ва сим бир текисликда ётибди. Рамканинг томони  $a = 10$  см, симдан рамка марказигача масофа  $d_0 = 15$  см. Агар рамка орқали  $I_0 = 0,1$  А ток ўтса, рамкага қандай куч таъсир этади?

Берилган:	ХБС
$I = 10$ А	
$a = 10$ см	0,1 м
$d_0 = 15$ см	0,15 м
$I_0 = 0,1$ А	
$F - ?$	

**Ечиш:**  
Сим ҳосил қилган майдон  
 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$  бир жинсли эмас:  $AE$   
 томони  $CD$  томонига қарашанда күчлироқ магнит майдонида жойлашган (*расмни қаранг*)



$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi \left( d_0 - \frac{a}{2} \right)}; \quad B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi \left( d_0 + \frac{a}{2} \right)}. \quad (1)$$

Рамканинг томонларига таъсир этувчи Ампер кучлари:

$$F_1 = I_0 B_1 a; \quad F_2 = I_0 B_2 a.$$

Рамкага таъсир этувчи кучлар қарама-қарши йўналган, магнит индукцияси вектори ва рамкадаги ток кучи ўзаро перпендикуляр, демак, уларнинг тенг таъсир этувчи кучи қуидагига teng:

$$F = (F_1 - F_2) = I_0 a (B_1 - B_2). \quad (2)$$

(1) формулани (2) формулага қўйиб, ушбуни оламиз:

$$F = \frac{\mu_0 I \cdot I_0 a^2}{2\pi \left( d_0^2 - \frac{a^2}{4} \right)}.$$

Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$F = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{A^2} \cdot 10A \cdot 0,1A \cdot 0,01m^2}{2\pi \left( 0,0225m^2 - \frac{0,01m^2}{4} \right)} = 10^{-7} H.$$

**Жавоби:**  $F = 10^{-7}$  Н.

### Назорат саволлари::

- Ампер кучининг йўналиши қандай аниқланади? Ампер кучининг қиймати қандай аниқланади?
- Ток кучининг ўлчов бирлиги қандай усулда аниқланган?

3. Токли рамкага бир жинсли магнит майдони қандай таъсир қиласди? Бир жинсли эмас магнит майдоничи?
4. Магнит майдонидаги токли рамкага таъсир этувчи айлантирувчи момент нимага тенг?
5. Айлантирувчи момент рамканинг магнит моменти билан қандай боғланган?



## Машқ

46

1. Узунлиги  $l = 1$  м-га тенг ўтказгич бўйлаб  $I = 1,5$  А ток ўтади, токли тўғри бурчакли ўтказгич индукцияси  $B = 0,1$  Тл магнит майдонида жойлашган. Магнит майдонининг куч чизиқлари ўтказгич ўқига параллел бўлгандা, унга таъсир этувчи кучни топинг.
2. Горизонтал магнит майдонида тўғри бурчакли ўтказгич горизонтал жойлашган ва магнит индукцияси чизиқларига перпендикуляр. Ўтказгични унинг симларида ушлаб турган таранглик кучи нолга тенг бўлиши учун ўтказгич орқали ўтадиган ток кучи нимага тенг бўлиши керак? Магнит индукцияси  $B = 0,01$  Тл. Ўтказгич массасининг унинг узунлигига нисбати  $m/l = 0,1$  кг/м.
3. Массаси  $m = 0,1$  кг ва узунлиги  $l = 0,25$  м ўтказгич ўзак горизонтал сиртда индукцияси  $B = 0,2$  Тл бир жинсли горизонтал магнит майдонининг куч чизиқларига перпендикуляр ётибди. Агар ўзак (стержень) орқали  $I = 10$  А ток ўтса, унинг текис илгариланма ҳаракатланиши учун ўзак ўқига перпендикуляр қандай горизонтал куч қўйиш керак? Ўзак ва сирт орасидаги ишқаланиш коэффициенти  $\mu = 0,1$ .
4. Тўғри ўтказгич горизонтал қотирилган. Унга параллел шу вертикал текисликда пастда, массаси  $m = 1$  кг ва узунлиги  $l = 9,81$  м иккинчи тўғри ўтказгич жойлашган. Ундан  $I = 2$  А ток ўтади. Юқоридаги ўтказгич пастдаги ўтказгичнинг оғирлигини мувозанатлаши учун юқоридаги ўтказгичдаги ток кучи нимага тенг бўлиши керак?
5. Юзи  $S = 400$  см<sup>2</sup> рамка бир жинсли магнит майдонига рамкага ўтказилган нормаль  $B = 0,2$  Тл магнит индукцияси билан  $\alpha = 60^\circ$  бурчак остида жойлаштирилган. Рамкадаги ток кучи  $I = 4$  А. Рамкага таъсир этувчи айлантирувчи моментни топинг.

## 47§. Лоренц кучи. Магнит майдонинидаги зарядланган зарраларнинг ҳаракати

### Кутиладиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштиргандага:

- адронли коллайдернинг, токамакнинг, магнит тузоқнинг, циклотроннинг ишилаш принципини таҳлил қилишини ва қутб ёғдусининг табиатини тушунтиришини;
- ҳаракатдаги зарядланган заррага магнит майдонининг таъсирини текширишини ўрганасиз.

### I Лоренц кучи

Ампер кучи – токли ўтказгичга таъсир этувчи куч, ток эса – зарядланган зарраларнинг тартибли ҳаракати бўлганидан, битта зарядланган заррага таъсир этувчи куч формуласи қуидагича бўлади:

$$F_L = \frac{F_A}{N}, \quad (1)$$

бу ердаги  $N$  – зарядланган зарраларнинг сони.

**Лоренц кучи – магнит майдони томонидан унда ҳаракатланаётган зарядланган заррага таъсир этувчи куч.**

Ампер қонунига кўра:

$$F_A = BIl \sin \alpha, \quad (2)$$

ўтказгичдаги ток кучини бир зарранинг заряди орқали ифодалайлик:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{q_0 N}{t}. \quad (3)$$

(2) ва (3) формулаларни (1)-га қўйиб, қуидагини оламиз:

$$F_L = \frac{Bq_0 N l \sin \alpha}{t N}.$$

$v = \frac{l}{t}$  эканини ҳисобга олиб, Лоренц кучини ҳисоблаш формуласини оламиз, бу ердаги  $v$  – зарядларнинг тартибли ҳаракатининг тезлиги:

$$F_L = q_0 B v \sin \alpha, \quad (4)$$

бу ердаги  $\alpha$  – магнит майдонининг индукция векторы  $B$  ва зарра тезлиги орасидаги бурчак  $\vec{\alpha}$ .

*Мусбат зарядланган заррага таъсир этувчи Лоренц кучининг йўналиши чап қўйидали билан аниqlанади. Манфий зарядли зарралар учун куч йўналиши тескари олинади.*

Лоренц кучи ўтказгичда ток ҳосил қилаётган зарраларга ҳам, фазода эркин ҳаракатланаётган зарядланган зарраларга ҳам таъсир этади.

### II Магнит майдонида ҳаракатланаётган зарядланган зарра траекториясининг эгрилик радиуси

Зарядланган зарра магнит майдонига магнит индукция чизиқларида перпендикуляр учеби кирсан. У ҳолда Лоренц кучи заряднинг ҳаракат йўналишига



Хендрік Антон Лоренц (1853–1928) – голланд физик назариётчisi. Магнетизмнинг нурланишга таъсирини ўргангани учун 1902 йили физика бўйича Нобель мукофотини олган. Париж ва Кембридж университетларининг фахрий профессори, Лондон қироллик жамиятининг ва немис физика жамиятининг аъзоси. 1881 йили Нидерланд қироллик фан академиясининг аъзоси. Х.Лоренц ёруғликнинг электро-магнит назариясини ва материянинг электрон назариясини ривожлантириди.



### 1-төпшириқ

289-расмға қаранг. Лоренц кучининг йұналиши түрін сипаттаңыз? Топшириқни бажариш учун қандай қоиданы құлладыңыз?

перпендикуляр бўлганидан, у заррага марказга интилма тезланиш беради. Лоренц кучи таъсирида жисм радиуси  $R$  айлана бўйлаб текис ҳаракатланади (289-расм)

Тезланишли ҳаракатланаётган зарядланган зарра учун Ньютооннинг иккінчи қонуни бажарилади:

$$m\ddot{a} = \vec{F}_L. \quad (5)$$

(5) тенгламага, тезланиш вектори ва куч бирдей йўналганлигидан, Лоренц кучини ҳисоблаш формуласи (4) тезланиши тезлик квадратининг айланиши радиусига нисбати билан  $a_{u.m.} = \frac{v^2}{R}$ , алмаштирасак, куйидагини оламиз:

$$\frac{mv^2}{R} = qBv \sin \alpha \quad (6)$$

Каралаётган ҳолда  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\sin \alpha = 1$ , бу ҳолда (6) тенгламадан траекториянинг эгрилик радиуси:

$$R = \frac{mv}{qB}. \quad (7)$$

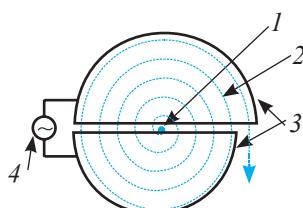
Зарра тезлиги қанча катта бўлса, унинг бир жинсли  $B = \text{const}$  магнит майдонинидағи траекториясининг эгрилик радиуси шунча катта бўлади.

Зарядланган зарраларнинг тезланишли ҳаракати ва уларнинг тўқнашувида янги зарраларнинг



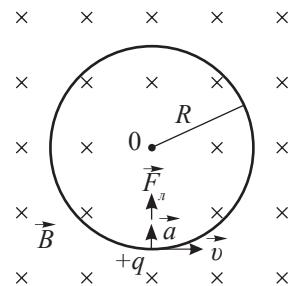
### 3-төпшириқ

290-расмда кўрсатилган циклотроннинг ишлаш принципини тушунтириңг.



290-расм. Циклотроннинг принципиал схемаси.

1 – тушиши жойи (протонлар, ионлар); 2 – тезламилган зарра траекторияси; 3 – тезламилган электродлар (дуанлар); 4 – ўзгаруещан кучланиш генератори. Магнит майдон расм текислигига перпендикуляр йўналган.



**289-расм.** Бир жинсли магнит кучларига перпендикуляр ҳаракатланган зарраларнинг траекторияси айлана бўлади



### 2-төпшириқ

Циклотрондаги зарранинг айланиш даврини ҳисоблайдиган формулани келтириб чиқаринг.



### 4-төпшириқ

УАК қурилмасининг принципиал схемасини қаранг (293-расм).

Асосий блоклари билан УАК қисмларини атанг.



### Жавоби қандай?

Айланиш даврига зарранинг тезлиги таъсир этадими?

олиниши бирқатор қурилмаларда қўлланилади: циклотронда (291-расм), коллайдерда (292-расм).

Циклотронда олинадиган асосий радиоизотоптар: Cd-109, Ge-68, Tl-201, Co-57, Ga-67.



**291-расм.** Қозогистон Республикаси Энергетика министрлигининг ядро физикаси институтидаги У-150М изохрон циклотрони.



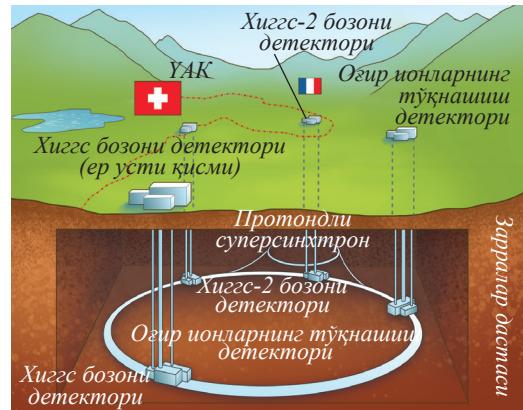
**293-расм.** Кичик ионли соленоид – протонларнинг тўқнашии жойи. Соленоидда рақамли фотоаппаратлар учун детекторлар жойлаштирилган.

### III Зарядланган зарранинг винт траектория бўйича ҳаракати

Агар зарядланган зарра  $90^\circ$ -га teng эмас бирор бурчак билан магнит майдонига учиб кирса, унда у майдоннинг кучланганлик чизикларига нисбатан винтсимон траектория бўйлаб ҳаракатланади (292-расм). Тезлик векторини магнит индукция вектори йўналишига нисбатан перпендикуляр ва параллел ташкил этувчиларга ажратамиш:

$$v_{\perp} = v \sin \alpha,$$

$$v_{\parallel} = v \cos \alpha,$$



**292-расм.** YAK Катта адронли коллайдер қурилмасининг принципиал схемаси

#### Жавоби қандай

1. Қарама-қарши дасталарда коллайдерни циклотрон деб аташа бўладими?
2. Тезлактичларнинг катта ёа кичик ҳалқалари вазифаси нима?
3. Зарядланган зарралар қандай майдонда тезламилади? Улар қандай майдонда орбитада тўхтаб қолади?
4. ЦЕРН (Европа ядроий тадқиқот маркази) олим-физикларининг YAK-да ўтказадиган тадқиқотларининг асосий мақсади қандай?



#### Бу қизиқ!

YAK Ер юзидағи энг катта экспериментал қурилма ҳисобланади. Унинг қурилиши ва тадқиқотларида 100 давлатдан 10 мингдан ортиқ олимлар ва инженерлар катнашган ва қатнашмоқда.

бу ердаги  $\alpha$  – зарранинг  $\vec{v}$  ҳаракат тезлиги билан  $\vec{B}$  магнит индукция вектори орасидаги бурчак. Зарра Лоренц кучининг горизонтал ташкил этувчиси таъсирида  $R$  радиусли айланадиги чизади:

$$R = \frac{mv \cdot \sin \alpha}{qB}. \quad (8)$$

Шу билан бирга зарра майдон йўналиши бўйлаб инерция бўйича доимий и, тезликда ҳаракатланади. Бир айланишга кетган вақтда

$$T = \frac{2\pi R}{v_{\perp}} = \frac{2\pi m}{qB} \quad (9),$$

зарра майдон йўналиши билан  $h$  масофага кўчади:

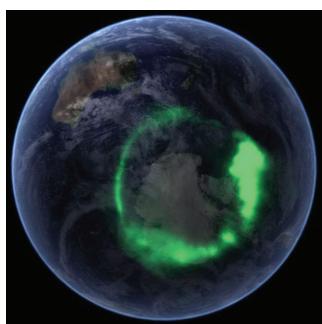
$$h = v_{\parallel} T = v T \cos \alpha. \quad (10)$$

Манфий зарядланган зарра ҳаракатланганда, айланма ҳаракат йўналиши қарама-қарши бўлади.

(9) тенгламадан айланни даври зарра тезлигига боғлиқ эмаслиги кўринади.

#### IV Лоренц кучи ва қутб ёғдуси

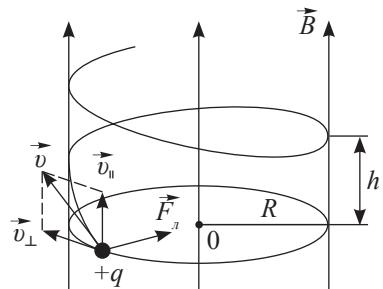
Ернинг қутблари атрофида қутб ёғдулари пайдо бўлиши Ернинг магнит майдонининг таъсири билан тушунтирилади. Космосдан учиб келган зарядланган зарралар Ернинг магнит майдони бўйлаб, унинг чизиқлари атрофида айланаб ҳаракатланади (296-расм). Зарралар Ерга кўпроқ қутбий худудларда яқинлашиб, милтиллама разряд – қутб ёғдусини юзага келтиради (296-расм). Қутб ёғдуси фақат ердагина кузатилмайди. Чандра рентген обсерваторияси Юпитердаги қутб ёғдусини фотосуратга туширган (297-расм).



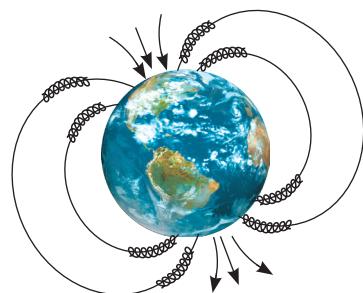
296-расм. Ердаги қутб ёғдуси. Космосдан олинган сурат



297-расм. Юпитердаги қутб ёғдуси.



**294-расм.** а бурчак остида бир жиснсли магнит майдоига учиб кирган зарранинг винтсимон траекторияси.



**295-расм.** Ернинг магнит майдонинида зарядланган зарраларнинг ҳаракати



#### 5-тошириқ

296 ва 297-расмларни қаранг. Уларнинг ўхшашлиги ва фарқларини кўрсатинг.

Кўёш системасидаги қайси планеталарда қутб ёғдулари кузатилади?

Улар қандай ҳолларда кузатилади?

## V Магнит тузоги. Токамак

### 6-төпширик

Зарядланган заррани электрон деб олиб, 298-расмдан магнит майдон куч чизиқларининг йўналишини кўрсатинг.

Фазонинг баъзи бир соҳаларида зарядланган зарраларининг ҳаракатини чеклаш учун ясалган магнит майдонини магнит тузоқ деб аталади. Аввал қаралган қурилмалар: циклотрон, УАК зарядланган зарраларни ўз айланиш орбиталарида ушлаб туриш учун магнит тузоқдан фойдаланади. Термоядро реакцияларини амалга ошириш учун «ТОКАМАК» қурилмаларида шу принцип қўлланилади. Магнит тузоги плазмани ушлаб туради, магнит майдонини куч чизиқлари атрофида айланувчи плазманинг зарядланган зарралари билан ўзаро таъсиралишида контактда бўлиши натижасида термоядро реакторининг элементлари ҳарорати миллион градусларга етади. Магнит тузоқлари, одатда, жуда юқори қувватли электромагнитлардан ясалади.

Термоядро реакторининг ишлаш принципини қарайлик. Ичида водород ядроларининг ўзаро таъсиралиши рўй берадиган «ТОКАМАК» камераси трансформаторнинг иккинчи ўрами бўлади (299-расм). Камерадан ҳаво сўриб олинади, шундан сўнг у дейтерий ва тритий арлашмаси билан тўлдирилади. Юқори қувватли трансформаторнинг биринчи ўрами ёрдамида камерада уюрмавий электр майдон пайдо бўлади. Электр токи токнинг оқиши ва камерада дейтерий ва тритийли плазманинг ёнишини юзага келдиради.

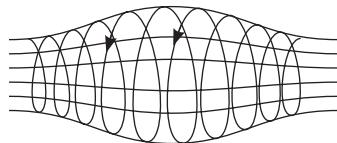


300-расм. Қозогистон «ТОКАМАК» термоядро материалшунослик лойиҳаси, у ЭКСПО-17 кўргазмаси очилган куни ШКО-да ишига туширилган. Манба: Today.kz ШКО Ахборот маркази.

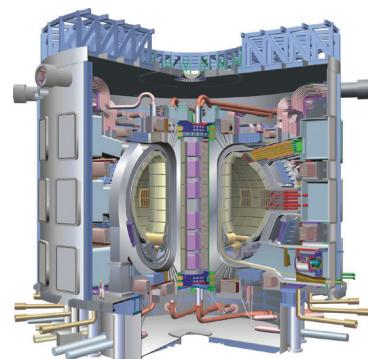


### Жавоби қандай?

- Нега манғий зарядланган заррага таъсири этувчи Лоренц кучини аниқлагандага, очилган тўрт бармоқ зарранинг ҳаракат йўналишига қарама-қарши йўналтириллади?
- Нега бир жинсли эмас майдонда зарядланган зарранинг траекториясининг эзрилик радиуси ўзгаради (298-расм)?



298-расм. Бир жинсли эмас магнит майдондаги зарядланган зарранинг траекторияси



299-расм. Трансформаторнинг иккинчи ўрами «ТОКАМАК» камераси ҳисобланади.



### Эсада сақланг!

«ТОКАМАК» – Магнит ғалтакли тороидал камера.

Плазма – ионлашган газ.



### Жавоби қандай?

- «Токамак» лойиҳасининг асосий ғояси қандай (300-расм)? Нега реакторнинг қўшилиши ЭКСПО-17 кўргазмасининг очилишига тўғри келган?
- «Токамак» курилмасининг ишга қўшилиши Ер юзидағи халқларни энергия билан таъминлаш масаласига қандай таъсир этиши мумкин? У бизнинг планета экологиясига қандай таъсир этади?



### Эсада сақланг!

**Лоренц кучининг иши нолга тенг.**

Исталган кучнинг ишини асосий формула бўйича аниқлашга бўлади:  $A = FScosa$ .

Сабаби, Лоренц кучи доим тезликка ва зарралар кўчишига перпендикуляр,  $\cos\alpha = 0$ . Шу сабабли Лоренц кучи иш бажармайди. Зарранинг энергияси ўзгаришсиз қолади, тезлик эса доимий бўлади.

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАСИ

Электрон эни  $d = 30$  см бир жинсли магнит майдонига магнит индукциясининг чизигига  $\alpha = 30^\circ$  бурчак остида учиб киради. Электроннинг бошлангич ўрнидан экрангача масофа  $L = 40$  см. Экранга тушгунча электрон неча марта айланади? Электрон тезлиги  $v = 10^4$  м/с, магнит майдонининг индукцияси  $B = 10^{-4}$  Тл.

<b>Берилган:</b> $d = 30$ см $\alpha = 30^\circ$ $L = 40$ см $v = 10^4$ м/с $B = 10^{-4}$ Тл  $N = ?$	<b>ХБС</b> 0,3 м 0,4 м	<b>Ечиш:</b> Электрон $\vec{B}$ векторига $\alpha$ бурчак остида магнит майдонига учиб кирганды, винтсизон чизик бўйлаб ҳаракатланиди (316-расм). Электрон ҳаракати икки ҳаракатнинг: $\vec{B}$ перпендикуляр текисликда доимий $v_1 = v \sin\alpha$ тезликнинг ва магнит индукцияси чизиклари бўйлаб доимий $v_2 = vcosa$ тезликни йигиндиси сифатида қарашга бўлади. Айлана радиуси: $R = \frac{mv_1}{qB} = \frac{mv \cdot \sin\alpha}{qB}$ , винт қадами: $h = v_2 T = (vcosa) T$ , бу ердаги $T$ электроннинг айланиш даври, у: $T = \frac{2\pi R}{v_1} = \frac{2\pi \cdot m}{qB}$ , унда винт қадами ушбуга тенг: $h = \frac{2\pi \cdot mv \cos\alpha}{qB}$ , электроннинг айланиш сони: $N = \frac{L}{h} = \frac{qLB}{2\pi \cdot mv \cos\alpha}$ . Айланиш сонин хисоблаймиз: $N = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 10^{-4} \text{ Тл}}{2 \cdot 3,14 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 10^{-4} \text{ м/с} \cdot 0,866} \approx 129$ .  <b>Жавоби:</b> $N = 129$ айланиш
--	------------------------------	--

## Назорат саволлари:

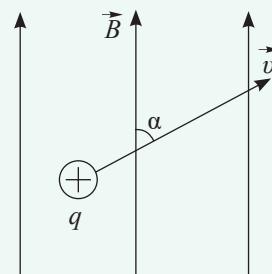
1. Қандай кучни Лоренц кучи деб аталаdi?
2. Мусбат зарядланган заррага таъсир этувчи Лоренц кучи қандай аниқланади? Манфий зарядланган заррага таъсир этувчи Лоренц кучи-чи?
3. Зарра қандай траектория бўйлаб ҳаракатланади, агар а) унинг ҳаракат тезлиги магнит индукция векторига параллел бўлса, б) тезлик магнит индукция векторига перпендикуляр бўлса, в) тезлик магнит индукция вектори билан  $90^\circ$  дан кичик бурчак ҳосил қилса?



## Машқ

47

1. Катталиги  $q = -2 \cdot 10^{-6}$  Кл нуқтавий заряд индукцияси  $B = 0,25$  Тл бир жинсли магнит майдонга  $v = 8$  м/с тезлиқда учиб киради. Зарра тезлиги ва магнит  $\alpha$  индукцияси орасидаги бурчак  $\alpha = 30^\circ$  (301расм). Зарядга таъсир этувчи кучнинг модули ва йўналишини аниқланг.
2. Электрон индукцияси  $B = 0,01$  Тл бир жинсли магнит майдонида айлана бўйлаб  $v = 106$  м/с тезлиқда ҳаракатланади. Электронга таъсир этувчи кучни ва айлана радиусини аниқланг.
3. Индукцияси  $B = 1$  мкТл бўлган электрон бир жинсли магнит майдони соҳасига магнит индукция чизиқларига перпендикуляр учиб киради. Электроннинг айланиш частотасини аниқланг.
4. Массаси  $m = 10^{-22}$  кг ва зарди  $q = 10^{-16}$  Кл зарра индукцияси  $B = 0,1$  Тл магнит майдонида радиуси  $R = 1$  см айлана ёйи бўйлаб ҳаракатланади. Зарранинг кинетик энергияси нимага тенг?
5. Индукцияси  $B = 100$  мкТл бир жинсли магнит майдонида винтсимон чизиқ бўйлаб электрон ҳаракатланмоқда. Агар винтсимон чизиқ радиуси  $R = 5$  см, қадами  $h = 20$  см бўлса, электрон тезлиги қандай?



301-расм. 1-масалага

## Ижодий топшириқ

Қўйидаги мавзулар бўйича ахборот тайёрланг (танлов бўйича):

1. Зарядланган зарралар тезлаткичларининг яратилиш тарихи.
2. Радиациядан ҳимоялашда Ернинг магнит майдонининг бажарадиган роли.
3. Магнит майдонлари йўқ планеталар.

## 48§. Моддаларнинг магнит хоссалари. Кюри ҳарорати

Кутиладиган натижа:

Бу параграфни ўзлаштиргандага:

- моддаларни магнит хоссаларига қараб саралашни ва уларнинг кўпланиш соҳасини аниқлаши;
- магнит материаллардан (неодим магнити, датчиклар, сейсмографлар, металл детекторлар) фойдаланишининг замонавий йўналишларини, уларни кўллаш жараёнларини таҳлил қилишини ўрганасиз.

### I Моддаларнинг магнит хоссалари. Магнит сингдирувчанлик

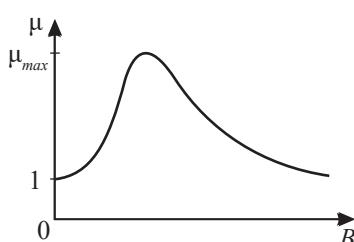
Магнит хоссаларига қараб барча моддаларни шартли равища кучсиз магнитланган ва кучли магнитланган деб ажратилади. Моддаларнинг магнит хоссасининг асосий характеристикаси магнит сингдирувчанлиги ҳисобланади.

**Магнит сингдирувчанлик – моддадаги магнит майдони индукциясининг вакуумдаги магнит майдони индукциясидан қанча марта фарқ қилишини кўрсатувчи физик катталик.**

$$\mu = \frac{B}{B_0},$$

бу ердаги  $\mu$  – магнит сингдирувчанлик,  $B$  – моддадаги майдоннинг магнит индукцияси,  $B_0$  – вакуумдаги майдоннинг магнит индукцияси.

Кучсиз магнитланувчи моддаларнинг магнит сингдирувчанлиги бирга якин. *Магнит сингдирувчанлиги бирдан катта*  $\mu \geq 1$  бўлган моддаларни paramagnetiqlar, бирдан кичик  $\mu \leq 1$  бўлган моддаларни dia magnetiqlar деб аталади. Иловадаги 16-жадвалда бальзи моддаларнинг магнит сингдирувчанлигини қийматлари келтирилган. Кучли магнитланувчи ферромагнетик моддаларнинг магнит сингдирувчанлиги минглаган бирликларга етади, масалан, темир учун  $\mu \approx 5000$ , никель ва темир аралашмасидан иборат пермаллой учун  $\mu \approx 100000$ . Ферромагнетикларнинг магнит сингдирувчанлиги доимий эмас, у ташқи майдонга боғлиқ. Боглиқлик графиги 302-расмда кўрсатилган. Ташқи майдоннинг магнит индукцияси ортганда ферромагнетикларнинг магнит сингдирувчанлиги энг катта қийматгача ортади, шундан кейин яна бирга якин қийматгача камаяди:  $\mu \geq 1$ . Ферромагнетикларнинг магнит сингдирувчанлиги жадвалида уларнинг максимал қийматлари ёки ташқи майдоннинг магнит индукциясининг маълум қийматлари учун берилган.



302-расм.

Ферромагнитларнинг магнит сингдирувчанлигининг ташқи майдонга боғлиқлиги

Эсада сақланг!!

Ферромагнетик химиявий элементлар – темир, никель, кобальт, гадолиний.

### II Ферромагнетизм табиати

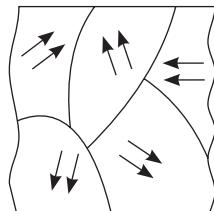
Ферромагнетикларнинг ичидаги магнит майдони бўлмагандага ҳам ўз-ўзидан магнитланган

соҳалар – доменлар бўлади. Бу соҳалардаги спинлар бир йўналишда йўналган (303 а-расм). Магнит майдони бўлганда доменлар чегаралари йўқолади, уларнинг магнит майдонлари ташки майдоннинг магнит индукцияси вектори бўйлаб йўналади, натижада ташки магнит майдонини бироз кучайтиради (303 б-расм).

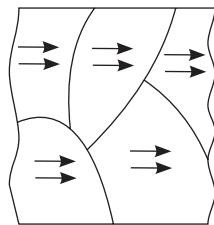
Юқори ҳароратларда ферромагнетиклар магнитланиш хоссаларидан айрилади. Ҳар бир модда учун бу ҳарорат маълум бир аниқ қийматга эга. Модданинг ферромагнит хоссалари йўқоладиган бу ҳароратни француз физиги П.Кюрининг хурматига Кюри нуқтаси деб аталади. Кюри нуқтасидан юқори ҳароратларда ферромагнетиклар парамагнетикларга айланади, уларнинг магнит сингдирувчанликлари бирга яқин  $\mu \geq 1$  қийматгача камаяди.

*Баъзи моддалар учун Кюри нуқтаси*

Моддалар	Ҳарорат
Темир	767 °C
Никель	360 °C
Кобальт	1130 °C



*a)*



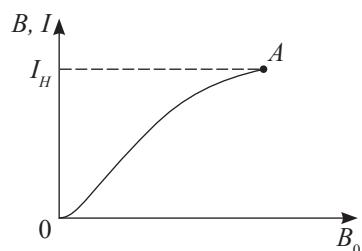
*б)*

**303-расм.** Ферромагнитлар нинг ташки майдонининг бироз ортиши электронларнинг ўз ўқи атрофида айланма ҳаракат қилишидан бўлади.

### III Ферромагнетиклар ва уларнинг хоссалари

Ферромагнетикларнинг асосий хоссалари – уларнинг кучли магнитланиш қобилияти ва магнитланишини узоқ вақт сақлай олиши.

Ферромагнетикларнинг магнитланиши ташки майдоннинг  $B_0$  магнит индукциясига боғлиқ. Магнитланмаган темирни магнит майдонига киритайлик, ташки майдонининг индукцияси ортганда темирнинг магнитланиши энг катта қийматгача ортади. Бу электронларнинг орбитал айланishiдан ҳосил бўлган барча элементар токлар ташки майдон бўйлаб қатъий аниқ бир йўналишда жойлашишини билдиради (304-расм). Магнитланган темир ҳосил қилган магнит майдонининг индукцияси  $B$  энг катта қийматга эга бўлганда, модданинг магнитланиши тўйиниш қийматига етади. Ташки майдон магнит индукциясининг янада ортиши модданинг магнит майдонига таъсир етмайди, темирнинг магнит сингдирувчанлиги бирга яқинлашади:  $\mu \geq 1$  (304-расм). Барча ферромагнетиклар юмшоқ ва қаттиқ ферромагнетиклар бўлиб, иккига бўлинади.



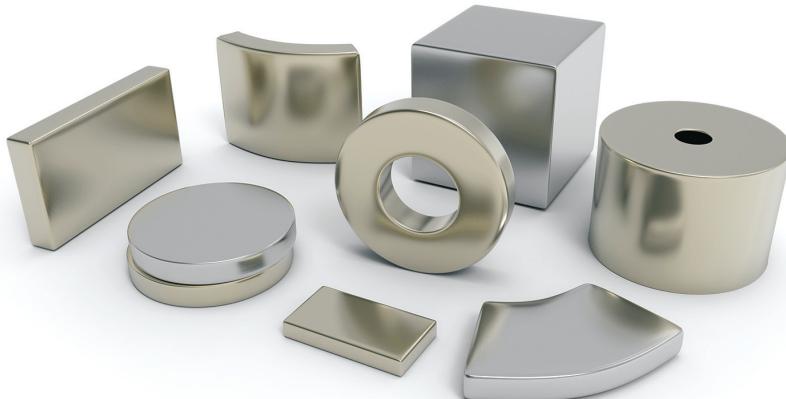
**304-расм.** Ташки майдоннинг магнит индукциясини ортитирса, ферромагнитнинг магнитланиши ортади

#### IV Ферромагнетикларнинг қўлланилиши

Қайта тез магнитланиш хоссаларига кўра юмшоқ магнит материаллар трансформаторларнинг ўзакларини, двигатель ва генераторларнинг электромагнитларини ясашда, магнитоэлектрик системаларнинг ўлчов қуролларида ишлатилади. Қаттиқ ферромагнетиклар доимий магнитлар тайёрлашда ишлатилади. Доимий магнитларнинг магнитланиш хоссаларини сақлаш учун уларнинг магнит чизиқлари берк бўлиши керак. Тақасимон магнит қутбларини юмшоқ магнит темирдан ясалган пластина билан туташтириб қўйилса, магнит ичидағи молекулаларнинг тартибли жойлашиши узокроқ вақт сақланади. Тўғри магнитларни сақлашда уларни ҳар хил ишорали қутбларини бир-бирига жуфтлаб, магнитларнинг қутбларини юмшоқ темир пластина билан туташтириб қўйилади.

#### V Неодим магнитлар ва уларнинг ишлатилиши

Ўлчамлари кичик бўлса ҳам неодим магнитлар катта тортиш кучига эга (305-расм). Улар – оддий магнитдан 18 марта кўпроқ энергияси бор кучли доимий магнитлар. Магнитни биринчи бўлиб 1982 йили General Motors компанияси Sumitomo Special Metals билан бирга ясашган.



*305-расм. Турли шаклдаги неодим магнитлар*

Неодим магнитлар – магнит қулфлар, болтлар, турли аралашма маҳсулотлари таркибидағи металларни ажратиш учун фойдаланиладиган магнит сепраторлар, турли жараёнларни шулар ичидаги гидравлик пресснинг поршенлари ҳаракатини



#### Жавоби қандай?

1. Нега юмшоқ ферромагнетиклар доимий магнит ясашга яроқсиз?
2. Нега электромагнит кран ёрдамида қизиган темирни ташиш мумкин эмас?

автоматлаштирадиган датчиклар ясашда ишлатилади (306, *a-расм*). Кириш эшигига ўрнатилган харакат датчиклари самарали кузатиш тизимини яратишга имкон беради (306, *б-расм*). Неодим магнитларнинг пайдо бўлишига боғлиқ ҳолда генератор ва доимий магнитлари бор двигателларни ясаш муҳим масалага айланди. Неодим магнитлари сувенирлар ва заргарлик тақинчоқларини ясашда ҳам фойдаланилади. Замонавий илгаклар, тугмалар, музлатгичлар учун магнитлар пайдо бўлди. Ўйинчоқлар ясалди, масалан, йифиладиган ўйинчоқлар, кублар. (307-расм). Металл изловчи асбоблар катта сўранишга эга. Уларнинг трос ва арқон учун маҳсус илгаклари бор. Улар қудуқлардан, сув ҳавзаларидан, турли чуқурликлардан темир жисмларни излаш ва кўтариш учун ишлатилади. Диаметри 80 мм ва баландлиги 40 мм бўлган цилиндр 300 кг юкни тутиб туралади (308-расм).



**306-расм.** Неодим магнитлардан ясалган датчиклар

**307-расм.** Қўл ҳаракатларини ривожлантиришига мўлжалланган ўйинчоқ куб

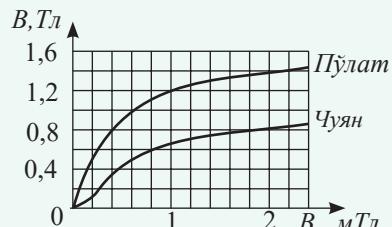
**308-расм.** Неодим магнитидан ясалган метал излагич

### Назорат саволлари:

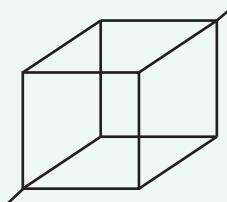
1. Моддаларни уларнинг магнит хоссаларига боғлиқ ҳолда қандай гуруҳларга ажратади?
2. Диамагнетизм, параметромагнетизм ва ферромагнетизм табиати қандай?
3. Ферромагнетикларнинг магнитланиши ташқи майдоннинг магнит индукциясига қандай боғлиқ?
4. Юмшоқ ва қаттиқ ферромагнетикларнинг фарқлари нимада?
5. Ферромагнетиклар қаерларда ишлатилади?



- 307-расмда кўрсатилган график бўйича магнитловчи  $B_0$  майдон индукциясини, 0,4 ва 1,2 мТл тенг қийматлардаги пўлатнинг магнит сингдирувчанигини аниqlанг.
- Агар соленоиддаги чўян ўзакчани ўлчамлари шундай пўлат ўзакча билан алмаштиурса, магнит оқими неча марта ортади? Жавоб учун графикдан (309-расм) фойдаланинг.
- Квадрат шаклидаги каркаснинг диагоналларининг қарама-қарши учларига (310-расм) доимий кучланиш берилиб, квадратнинг қирралари орқали токлар ўтади. Квадрат марказидаги магнит майдонининг индукцияси нимага тенг? Агар каркас ичига шиша квадрат жойлаштирилса, магнит индукцияси қандай ўзгаради?



309-расм. 1 ва 2-масалага



310-расм. 3-масалага

### Ижодий топширик

Кўйидаги мавзулар бўйича ахборотлар тайёрланг (танлов бўйича):

- Кукунли металургия – доимий магнитлар ясашнинг замонавий технологияси.
- Магнит материалларни қўллашнинг замонавий соҳалари.

## 13-Бобнинг хуносаси

Токли ўтказгич майдонининг магнит индукцияси	Ўзаро таъсиралиш кучлари	Токли контурнинг айланма ҳаракатини тавсифловчи катталиклар
Эркин ўтказгич учун Био-Савар-Лаплас қонуни $ 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}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{A^2}$	Ўтказгични магнит майдони, Ампер кучи $F_A = BIl \sin \alpha$ Зарядланган зарранинг магнит майдони, Лоренц кучи $F_L = \frac{F_A}{N}$ $F_L = q_0 B v_{dp} \sin \alpha$ Токли икки параллел ўтказгичнинг ўзаро таъсиралишиш кучи $F_A = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$	Айлантирувчи момент $M = BIS \sin \alpha$ Рамканинг магнит моменти $P_m = IS$ Траектория эгрилиги радиуси $R = \frac{mv}{qB}, R = \frac{mv \cdot \sin \alpha}{qB}$ Винтсимон траектория қадами $h = v_{  } T = v T \cos \alpha$ Айланыш даври $T = \frac{2\pi R}{v_{\perp}} = \frac{2\pi m}{qB}$
Тўғри ўтказгич учун $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$		
Айланма ток учун $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$		
Соленоид учун $B = \mu_0 n I$		
Майдонларнинг суперпозиция принципи $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$		
Моддаларнинг магнит сингдирувчанлиги		$\mu = \frac{B}{B_0}$

### Қонунлар, қоидалар

#### Парма қоидаси:

Агар парманинг илгариланма ҳаракати ўтказгичдаги ток йўналиши билан мос тушса, унда парма дастасининг айланма ҳаракати магнит майдони куч чизиқларининг йўналишини кўрсатади.

#### Ўнг қўл қоидаси:

Агар фалтакка ўнг қўлимизнинг тўрт бармоғини унинг ўрамидаги токнинг йўналишини кўрсатадигандай қилиб ўраб қўйсак, унда  $90^\circ$  керилган бош бармоқ магнит майдонининг йўналишини кўрсатади.

#### Ампер қонуни:

Бир жинсли магнит майдонига жойлашган токли ўтказгичга ток кучига ва магнит майдонинг индукциясига пропорционал куч таъсир этади.

#### Чап қўл қоидаси:

Агар чап қўлимизни магнит индукция вектори кафтилизга кирадигандек қилиб, очилган тўрт бармоғимизни эса токнинг йўналишини кўрсатадигандай қилиб жойлаштирасак, унда  $90^\circ$  керилган бош бармоқ Ампер кучининг йўналишини кўрсатади.

## **Глоссарий**

**Доимий ток двигатели** – доимий токнинг электр энергиясини механик энергияга айлантирувчи электр машинаси.

**Диамагнетиклар** – магнит сингдирувчанлиги бирдан кичик  $\mu \leq 1$  моддалар.

**Магнит майдони** – харакатдаги электр зарядига, токли ўтказгичга, магнит моменти бор жисмларга, заряд тезлигининг векторига, ток кучининг йўналишига боғлиқ ва куч билан таъсир этиш хоссасига эга материянинг тури.

**Магнит сингдирувчанлик** – моддалар магнит майдонининг индукцияси вакуумдаги магнит майдонининг индукциясидан қанча марта фарқ қилишини кўрсатувчи физик катталик.

**Юмшоқ ферромагнетиклар** – қолдик индукцияси ва коэрцитив кучи жуда кичик ферромагнетиклар.

**Қаттиқ ферромагнетиклар** – коэрцитив кучларнинг катта қийматлари билан характерла-нувчи материалдар.

**Моддаларнинг магнитланиши** – моддаларнинг бирлик ҳажмидаги атомлар магнит моментларининг вектор йиғиндисига тенг физик катталик.

**Парамагнетиклар** – магнит сингдирувчанлиги бирдан катта  $\mu \geq 1$  моддалар.

**Ротор** – двигателнинг харакатланадиган қисми, ўзак тирқишлирига ўралган сим рамкалар.

**Статор** – двигателнинг кўзғалмас қисми.

**Магнит майдонининг куч чизиқлари** – ҳар бир нуктадаги уринмаси магнит индукцияси векторининг йўналишини кўрсатувчи чизиқлар.

**Ампер кучи** – магнит майдони томонидан токли ўтказгичга таъсир этувчи куч.

**Лоренц кучи** – магнит майдони томонидан унда ҳаракатланадиган зарядланган заррага таъсир этувчи куч.

**Ферромагнетиклар** – катта магнит сингдирувчанликка эга моддалар.

14-БОБ

## ЭЛЕКТРОМАГНИТ ИНДУКЦИЯ

Электромагнит индукция ҳодисасини 1831 йили Майкл Фарадей кашф қилган. У электр токи ва магнит майдонининг узвий боғланишини аниқлади. XIX асрда электромагнит индукция ҳодисасининг очилишидан кейин электротехника ва радиотехника жадал ривожлана бошлади. Электромагнит ҳодисалар асосида электр энергиясининг индукцион генератори, трансформаторлар ясала бошланди. Электр энергиясини узоқ масофаларга узатиш мумкин бўлди.

### Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:

- электромагнит асбобларнинг (электромагнит реле, генератор, трансформатор) ишлаш принципларини таҳлил қила оласиз;
- масала ечишда электромагнит индукция қонунини қўллай оласиз;
- механик ва магнит энергияларининг орасидаги ўхшашликларни топа оласиз;
- электр двигатели моделини ўргана оласиз ва олинган натижаларни Фарадей қонуни ва Ленц қоидасини фойдаланиб, тушунтира оласиз.

## 49δ. Электромагнит индукция ҳодисаси. Магнит оқими. Ампер кучининг иши

### Кутиладиган натижа:

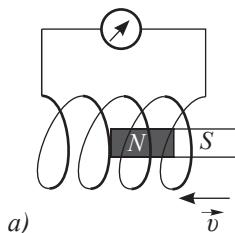
Бу параграфни ўзлаштиргандай:

- электромагнит асбобларнинг (электромагнит реле, генератор, трансформатор) ишлаш принципларини таҳлил қила оласиз.



### Ўз тажрибанг

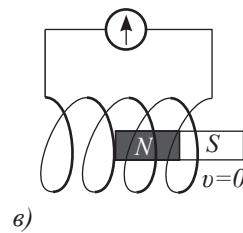
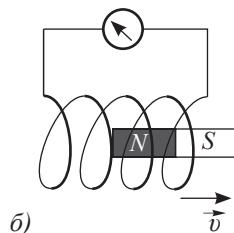
312-расмда кўрсатилган ғалтак, доимий магнит ва электромагнитни кўллаб, тажриба ўтказинг. Тажрибада олинган хулоса ва дарсликдаги хулосаларни солиштиринг.



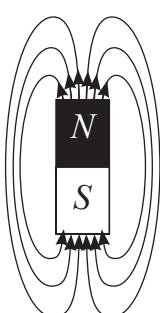
### I Электромагнит индукция ҳодисаси

Электромагнит индукция ҳодисасининг кашф қилиниши тасодифий бўлмади. М.Фарадей ўтказгич атрофида магнит майдони юзага келса, унда тескари жараён ҳам бўлиши керак деб ҳисоблади.

Замонавий асбобларни кўлланиб, берк ўтказгичда қандай ҳолда индукцион ток пайдо бўлишини аниқлаш қийин эмас. Гальванометр уланган ғалтакка магнитни киритиб, силжитсак, гальванометр стрелкасининг ҳаракатга келганини кузатиш мумкин, бу эса индукцион токнинг пайдо бўлганини билдиради. (311 а-расм). Магнитни чиқарганда стрелка қарама-қарши томонга оғади, ўтказгичдаги ток ўзининг йўналишини ўзгартиради (311 б-расм). Агар магнит ғалтакка нисбатан ҳаракатланмаса, гальванометр стрелкаси нолни кўрсатади, ғалтакда ток бўлмайди (311 в-расм).



311-расм. Индукцион ток кучи ва йўналиши магнитнинг ҳаракат тезлиги ва йўналишига боғлиқ.



312-расм. Тўғри магнитнинг магнит майдони бир жинсли эмас

Ғалтакка нисбатан магнитнинг қўчиши уни кесиб ўтувчи куч чизиқларининг сонининг ўзгаришига олиб келади, магнитта яқинроқ жойда куч чизиқлари зичроқ бўлади (312-расм). Демак, ўтказгич ўзгарувчан магнит майдонида турсагина, унда индукцион ток пайдо бўлади.

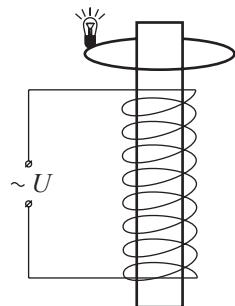
**Берк ўтказгич контурини кесиб ўтувчи магнит оқими ўзгарган вақтда индукцион токнинг ҳосил бўлиши электромагнит индукция ҳодисаси деб аталади.**

Ўзгарувчан токли ғалтакка қуввати кичик лампа уланган ўтказгич контурни ғалтак ва контурнинг

Үқлари бир чизиқда ётадиган қилиб яқинлаштирамиз (313-расм). Лампа ёруғлана бошлайды, бунда ғалтак ва контурни бир-бирига нисбатан ҳаракатлантиришнинг кераги йўқ.

Берк ўтказгич контуридаги электромагнит индукция ҳодисаси қўйидаги шартларда кузатилади:

- 1) агар ўзгарувчан магнит майдонидаги контур, уни кесиб ўтувчи магнит майдонининг куч чизиқлари-нинг сони ўзгарадигандай ҳаракатлансан;
- 2) агар контур ўзгарувчан магнит майдонида тинч турса.



**313-расм.** Ўзгарувчан магнит майдонида жойлашган берк контурда индукцион токнинг пайдо бўлиши

## II Магнит оқими.

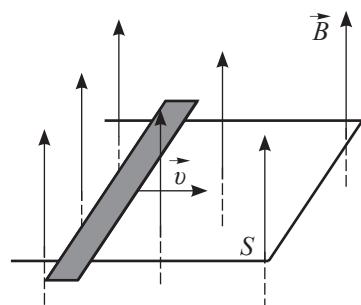
### Магнит оқимини ўзгартириш усуллари

Магнит майдонининг куч чизиқларининг зичлиги унинг куч характеристини, яъни магнит индукциясини аниқлайди. Контурни кесиб ўтувчи магнит майдони чизиқларининг сони магнит оқимини характеристлайди.

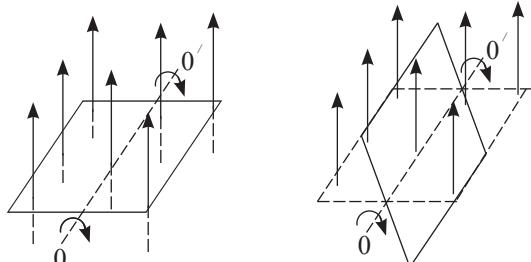
**Магнит оқими – магнит майдонида турган берк контурни кесиб ўтувчи магнит индукцияси чизиқларининг сони.**

Контурни кесиб ўтувчи магнит оқимини уч усулда ўзгартириш мумкин:

- 1) юкорида айтилганда майдоннинг магнит индукциясини камайтириш ва қўпайтириш орқали;
- 2) контурнинг юзини ўзгартириш орқали, масалан, рамканинг ҳаракатланувчи томонини ўзгариши ёки ташқи кучларнинг таъсирида рамка шаклиниң ўзгариши (314-расм).
- 3) магнит майдонидаги контурнинг айланиши (бунда контурни кесиб ўтувчи чизиқлар сони ўзгаради) (315-расм).



**314-расм.** Юзани ўзгартириши натижасида берк контур орқали магнит оқимининг ўзгариши



**315-расм.** Рамканинг айланиши натижасида берк контур орқали магнит оқимининг ўзгариши



#### Эсада сақланг!

Ўзгарувчан магнит майдонини турли усулда олиш мумкин: доимий магнитни кўчириш орқали; электромагнитни ўзгарувчан ток манбаига улаб, электро магнити бор ўзгармас ток занжирини узиш ва улаш орқали.

Магнит оқимини ўзгартириш усулларига боғлиқ ҳолда уни хисоблаш формуласини ёзамиз:

$$\Phi = B S \cos \alpha, \quad (1)$$

бу ердаги  $\Phi$  – контурни кесиб ўтувчи магнит оқими,  $B$  – майдоннинг магнит индукцияси,  $S$  – рамканинг юзи,  $\alpha$  – рамканинг юзига туширилган нормаль ва магнит индукциясининг орасидаги бурчак (*316-расм*).

**Магнит оқими – контурни кесиб ўтувчи магнит майдонининг индукциясининг контур юзига ва рамка юзининг нормали билан магнит индукцияси векторининг орасидаги бурчакнинг косинусига кўпайтмасига тенг физик катталиқ.**

(1) – формулага кўра:

$$\Phi = B_n S, \quad (2)$$

бу ердаги  $B_n = B \cos \alpha$  (3) –  $\vec{B}$  векторининг контур текислигига перпендикуляр ташкил этувчиси.

Магнит оқимининг ХБС бўйича ўлчов бирлиги 1 вебер, у электр ва магнит майдонлари мавзусида кўп ишлар олиб борган немис физиги Вильгельм Вебернинг хурматига кўйилган.  $[\Phi] = 1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot \text{м}^2$ .

### III Ампер кучининг иши

Магнит майдонидаги токли рамканинг барча томонларига Ампер кучи таъсир этади (*317-расм*). Ҳаракатдаги ўтказгичга таъсир этувчи куч ўнга йўналган. Магнит индукциясининг вектори рамка юзининг нормалига параллел бўлганидан, ўтказгичга таъсир этувчи Ампер кучи қуидагига тенг бўлади:  $F_A = B I l$

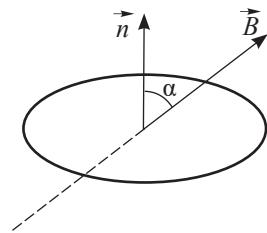
Ўтказгич ўз-ўзига параллел  $b$  масофага кўчди ва қуидаги кўрсатилган формуладаги иш бажарилди деб олайлик:

$$A = F_A / b = B I l / b = B I \Delta S$$

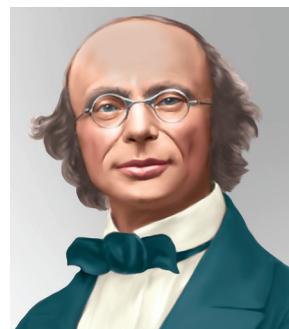
Ўтказгичнинг кўчишида магнит индукциясининг ўзгаришида юза магнит оқимининг ўзгаришига тенг эканини эътиборга оламиз. Ампер кучини хисоблаш учун қуидаги формула кўлланамиз:  $A = I \Delta \Phi$

*Магнит майдонидаги ўтказгичнинг кўчишида Ампер кучининг иши магнит оқими ва ток кучининг кўпайтмасига тенг.*

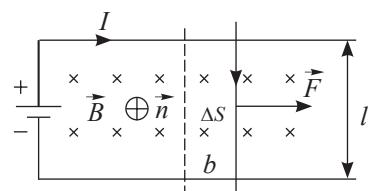
Куидагича қарама-қаршилик юзага келади: Лоренц кучи иш бажармайди, ўтказгичдаги алоҳида зарядларга таъсир этувчи Лоренц кучларининг йиғиндисига тенг Ампер кучи эса иш бажаради. Бу қарама-қаршилик факат сиртдан қараганда шундай, сабаби у Ампер кучини аниқлашни ўтказгичдаги заряднинг ҳаракат тезлигига



**316-расм.** Рамка текислигига туширилган нормаль магнит индукциясининг вектори билан а бурчак ҳосил қиласди



Вильгельм Эдуард Вебер (1804–1891) – немис физиги. Вебернинг асосий меҳнатлари электромагнетизм, акустика, иссиқлик ҳодисалари, молекуляр физикага бағишиланган. 1840 йилдан бошлаб, Вебер электростатик ва магнитик бирликлар системасини тузиш ва улар орасидаги бағлинишларни аниқлаш билан шуғулланган. Магнит оқимининг ўлчов бирлиги унинг номи билан аталади.



**317-расм.** Ҳаракатдаги ўтказгичнинг кўчишида Ампер кучи иши бажаради: электр майдонининг энергияси механик энергияга айланади.

боғлиқ бўлган Лоренц кучининг факат биргина ташкил этувчисини олганидан ҳосил бўлди. Лоренц кучининг иккинчи ташкил этувчиси ўтказгичнинг ўзининг ҳаракат тезлигига боғлиқ, у ўтказгичнинг ҳаракатига қарама-қарши. Токни таъминлаб туриш учун ток манбаи шу ишни тўлдириб туради. Шу тариқа, Лоренц кучлари ЭЮК ток манбаи энергиясини механик ишга айлантиради.

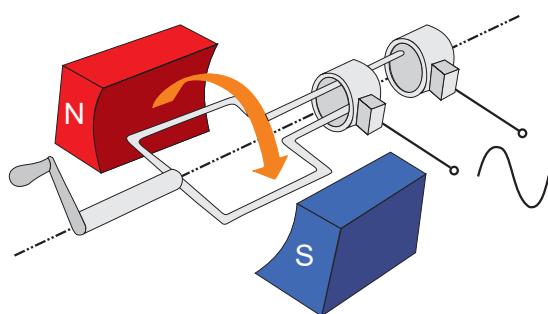
Ток манбаи бўлмагандага уловчиларнинг ҳаракати ташкил кучлар таъсирида бўлади. Буг ёки газ турбиналари ёрдамида рамка ҳаракатга келади, индукцион ток ҳосил қиливчи генераторнинг ишлаш принципи мана шунга асосланган.

#### IV Электромагнит асбобларнинг ишлаш принципи

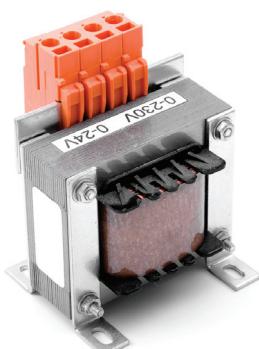
Индукцион ток ҳосил қиливчи генератор, трансформатор, электромагнит реле асбоблари электромагнит индукция ҳодисасига асосланниб ясалган. 318–323-расмларда уларнинг турлари ва принципиал схемалари кўрсатилган.



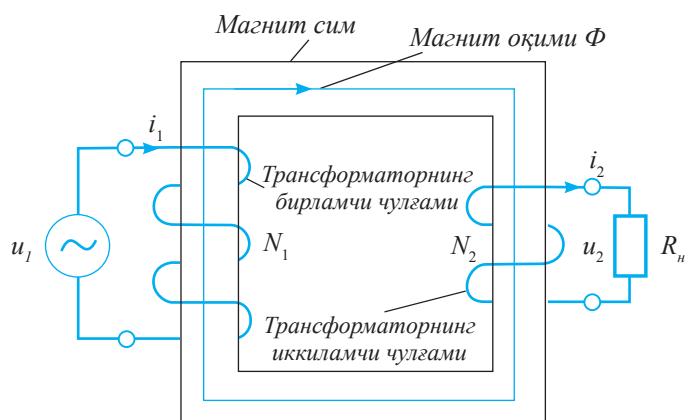
318-расм. Доимий ток генератори  
4ГПЭМ 55



319-расм. Ўзгарувчан ток генераторининг  
принципалиал схемаси



320-расм. Трансформатор



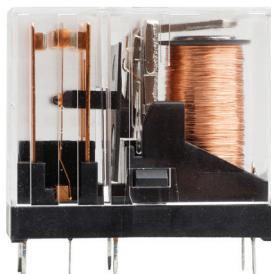
321-расм. Трансформаторининг принципиал схемаси

#### 1-топширик

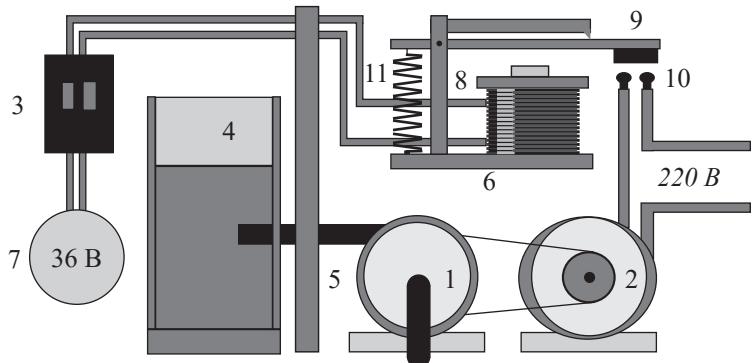
Ҳаракатдаги улагичда жойлашган мусбат зарядга таъсир этувчи Лоренц кучининг ташкил этувчиларини тасвирланг. Икки ташкил этувчининг бажарган ишилари ийғиндиси нолга тенглигини исботланг.

#### 2-топширик

316–321-расмлардаги қурилмаларнинг ишлаш принципларини тушунтиринг.



**322-расм.**  
Электромагнит реле



**323-расм.** Электромагнит реленинг принципиал схемаси (6, 8, 9, 11) 1 – насос, 2 – электро двигатель, 3 – калит, 4 – бассейн, 5 – хона, 6 – реле, 7 – ток манбаи, 8 – электромагнит, 9 – пўлат пластина, 10 – контакктлар, 11 – пружина.

### Назорат саволлари

1. Электромагнит индукция ҳодисаси нимани билдиради?
2. Қандай шартларда берк ўтказгич контурида индукцион ток пайдо бўлади?
3. Магнит оқимиини нима характерлайди?
4. Электромагнит индукция қонуни қандай?



**Машқ**

**49**

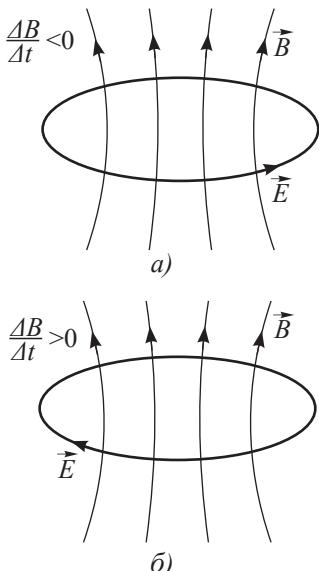
1. Симдан ясалган ҳалқа индукцияси  $B = 0,5$  Тл магнит оқимида ҳалқа текислиги куч чизиқлари билан  $\alpha = 30^\circ$  бурчак остида жойлашган. Ҳалқа орқали ўтадиган магнит оқими  $\Phi = 24$  Вб. Ҳалқанинг радиусини аниqlанг.
2. Радиуси  $R = 0,1$  м симдан ясалган ҳалқа текислиги индукция чизиқларига перпендикуляр, бир жинсли магнит майдонидаги жойлашган. Магнит майдонининг индукцияси  $B = 20$  мТл. Агар уни  $\alpha$ : а)  $180^\circ$ ; б)  $360^\circ$  бурсак, ҳалқани кесиб ўтувчи магнит оқим қанча марта ўзгаради?

## 50§. Электромагнит индукция қонуни. Ленц қоидаси

### Күтиладиган натижә:

Бу параграфни ўзлаштирганданда:

- Масала ечишда электромагнит индукция қонунини күллана оласыз.



324-расм. Ўзгарувчан магнит майдони фазода ўзгарувчан электр майдонини юзага келтиради



### Эътибор беринг!

Магнит майдонининг индукцияси камайганда уормали электр майдони кучланганлик вектори магнит майдонининг куч чизиклари билан ўнг винт хосил қиласи. Бу холда кучланганлик векторининг йўналишини парма қоидаси ёки ўнг қўл қоидаси билан аниқлайди.

Магнит индукцияси ортганда кучланганлик вектори магнит индукциясининг векторлари билан чап винтни ташкил қиласи.

### I Уормавий электр майдони. Электромагнит индукция қонуни

Берк ўтказгич контурда индукцион токнинг пайдо бўлиши электр майдонининг маълум бир ток манбаисиз пайдо бўлганини исботлайди. Бу майдон ўзгарувчан магнит майдонидан пайдо бўлди, унинг куч чизикларининг боши ҳам, охири ҳам бўлмайди, бундай майдон уормали майдон деб аталади. Контурни кесиб ўтувчи магнит оқими қанча тез ўзгарса, унинг ЭЮК шунчалик катта бўлади:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \quad (1)$$

Электромагнит индукция қонунининг моҳияти ҳам шунда:

ўзгарувчан магнит майдони юзага келтирган уормали майдон ЭЮК-нинг индукцияси бирлик вақтда контур билан чегаралangan сиртдан ўтувчи магнит оқимининг ўзаришига тенг.

Агар контур бир неча  $N$  ўрамдан иборат бўлса, унда ЭЮК  $N$  марта ортади:

$$\varepsilon_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t},$$

бу ердаги  $N$  – ўрам сони.

Формуладаги минус белгиси уормали майдон таъсирiga учраган индукцион токнинг йўналишини аниқлайди.

### II Максвелл гипотезаси

Ўзгарувчан магнит майдонидаги тинч турган контурда ЭЮК индукциясининг пайдо бўлишини, уормали электр майдонининг мавжудлиги билангина тушунтиришга бўлади. Шундай майдон мавжудлигини дастлаб Максвелл тахмин қиласи. Унинг фикрига кўра: ўзгарувчан магнит майдони фазода ўзгарувчан электр майдонини ҳосил қиласи, унинг кучланганлик чизиги магнит майдонининг индукция чизикларини ўз ичига олади (324 а, б-расм). Уормали электр майдонига киритилган контурдаги эркин зарядланган зарралар маълум бир йўналишда харакатланиди. Контурда электр токи пайдо бўлади:

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}, \quad (2)$$

бу ердаги  $R$  – контурнинг қаршилиги,  $\varepsilon_i$  – уормали ток индукциясининг ЭЮК,  $I_i$  – индукцион ток.



### Эсда сақлан!

Каршилиги жуда кичик массив яхлит ўтказгичлардаги индукцион токлар катта қаймаларга ета олади. Бундай токларни Фуко токлари деб аталади. Уларни металларни эритиш индукцион печларда қўлланади. Электр энергиясининг истрофини ва Фуко токларини камайтириш учун трансформатор ўзакларини, генератор ва двигателлардаги электромагнитларни алоҳида изоляцияланган пластиналардан тайёрлайди.

## III Магнит майдонида ҳаракатланадиган ўтказгичдаги индукцион ЭЮК

Контур магнит майдонида ҳаракатда бўлган ҳолда, Лоренц қучининг эркин зарядларга таъсирида индукция ЭЮК пайдо бўлади. Берк контурнинг MN соҳаси магнит майдонининг чизиқларини кесиб ўтиб,  $\vec{v}$  тезликда ҳаракатлансан (325-расм). Бу соҳалардаги электронларга Лоренц қучи таъсир этади, у M нуқтадан N нуқтага қараб йўналган. Ҳаракатланадиган электронлар MN ўтказгич учлари орасидаги потенциаллар айримасини юзага келтиради. Ўтказгич узунлиги  $l$ , ундаги индукция ЭЮК:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -B \frac{\Delta S}{\Delta t}, \quad (3)$$

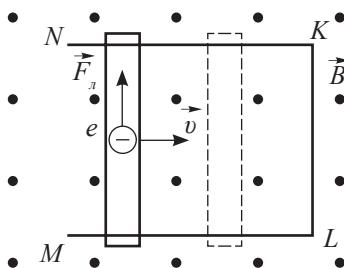
бу ердаги  $\Delta S = (v\Delta t)l$  (4) – контур юзинининг  $\Delta t$  вақт оралиғида ўзгариши.

(4) формулани (3) формулага қўйиб, ушбу ифодани оламиз:

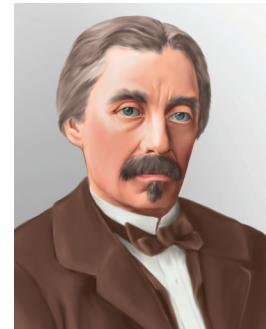
$$\varepsilon_i = Bvl. \quad (5)$$

Магнит индукция векторининг йўналиши тезлик вектори билан йўналишдош бўлган ҳолда, унинг тезликка перпендикуляр ташкил этувчи сини аниқлаш керак (326-расм):  $B_1 = B\sin\alpha$ , унда тенглик (8) қуидаги кўринишга келади:

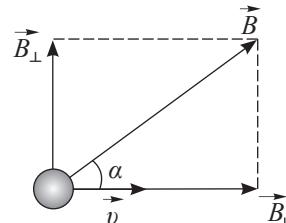
$$\varepsilon_i = Bvlsina. \quad (6)$$



**325-расм.** Магнит майдонининг куч чизиқларининг кесишишида ўтказгич учларида потенциаллар айримасининг пайдо бўлиши



**Жан Бернар Леон Фуко** (1819–1868) – француз физиги, механик ва астроном, Париж ва Берлин ФА аъзо-си. Фуко маятниги муаллифи сифатида таникли бўлган, гироскопни ўйлаб топган. Ҳаводаги ва сувдаги ёруғлик тезлигини аниқлаган. Массив металл ўтказгичларнинг магнит майдонида тез айланishiда қизишга биринчи бўлиб эътибор берган.



**326-расм.** Магнит индукция векторининг ташкил этувчиларга ажратилиши

Индукция ЭКК очиқ ўтказгичнинг учларида пайдо бўлиши мумкин, бундай ҳолат ўтказгич магнит майдонида унинг куч чизиқларини «кесиб ўтган» ҳолда ўрин олади (327-расм). Магнит майдонида ҳаракатланадиган ўтказгичдаги электронларнинг ҳаракати Лоренц кучи ва ўтказгич учларида ортиқ зарядлар юзага келтирган электр майдонининг кучи тенг бўлган ҳолда, қуидаги ифодага асосан тўхтайди:

$$|F_{\text{л}}| = |F_{\text{эм}}| \text{ ёки } qBv \sin \alpha = qE.$$

$$\text{Сабаби } E = \frac{U}{l} = \frac{\varepsilon_i}{l}, \text{ унда } vB \sin \alpha = \frac{\varepsilon_i}{l},$$

$$\text{Будан: } \varepsilon_i = Bv \sin \alpha.$$

Ўтказгич куч чизиги бўйлаб ҳаракатланганда унинг учларида индукция ЭЮК пайдо бўлмайди.

#### IV Энергиянинг сақланиш қонуни асосида токли ғалтак ва магнитнинг ўзаро таъсири

Тўгри магнит ва гальванометр орқали уланган ғалтак билан ўтказилган тажрибада гальванометр стрелкаси бир у томонга, бир бу томонга оғади (311-расм, 49§).

Магнит ва ғалтакни яқинлаштириш учун бажарилган иш – мусбат, сабаби магнитнинг кўчиши ва унга туширилган куч йўналиши бирдай. Энергиянинг сақланиш қонунига кўра индукцион ток юзага келтирган ғалтакнинг магнит оқими магнитни итариши керак. Токли ғалтак электромагнит бўлганидан, қуидаги хulosага келиш қийин эмас: Яқинлашаётган магнитга қараб турган ғалтак учларида индукцион ток бир исмли қутб ҳосил қиласди (328-расм). Магнитни яқинлатганда индукцион ток ҳосил қилган магнит майдонининг орқага итарувчи кучларига қарши иши бажсарамиз.

#### V Магнит оқимининг сақланиш қонуни

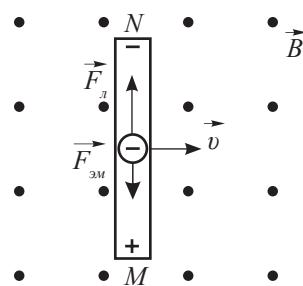
Магнитнинг ғалтакка яқинлашиши магнит оқимининг ортишига олиб келади (329-расм). Бу ҳолда ғалтак ичидаги магнитнинг магнит  $\vec{B}$  вектори мен ғалтакнинг  $\vec{B}_i$  вектори бирбирига қарама-қарши йўналган.

Ғалтакдаги индукцион ток майдони магнит оқимининг ортишига қаршилик қиласди.

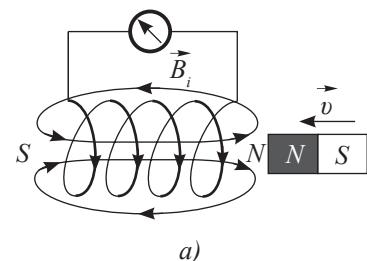


##### 1-топшириқ

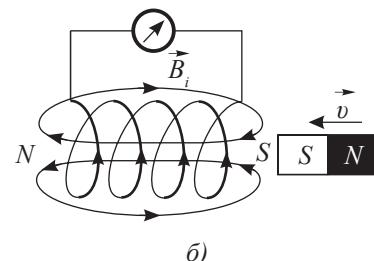
Индукцион токнинг магнит майдони куч чизиқларини тасвирланг ва магнит узоқлаштирилаётганда ғалтак қутбларини кўрсатинг.



327-расм. Майдоннинг куч чизиқлари кесиб ўтган ўтказгич учларида ЭЮК пайдо бўллади

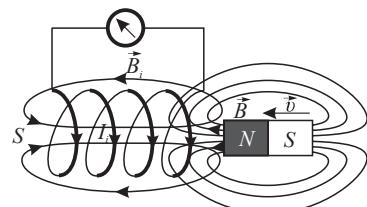


а)



б)

328-расм. Яқинлашаётган магнитга қараб турган ғалтак учларида индукцион ток бир исмли қутб ҳосил қиласди



329-расм. Ғалтакнинг магнит майдони яқинлашаётган магнитнинг магнит оқимининг ортишига қарши таъсир этади

Магнитни узоқлаштирганда күч чизикларининг зичлиги ва ғалтакни кесиб ўтувчи магнит оқими камайди. Ғалтакнинг ичидағи индукцион токнинг магнит чизиклари доимий магнит күч чизиклари каби йўналган (340-расм). Индукцион ток ўзининг майдони билан ғалтакни кесиб ўтувчи оқимни кучайтиради, аввалги ҳолатини сақлашга ҳаракат қиласди.

*Индукцион токнинг магнит майдони ва ўзгарувчан магнит майдонининг ўзаро таъсирилашишида магнит оқимининг сақланиши қонуни бажарилади. Электромагнит индукция қонунинидаги «» ишора – шу қонуннинг бажарилишини кўрсатади.*

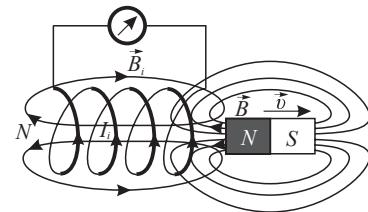
## VI Ленц қоидаси

Гальванометр уланган ғалтак ва доимий магнитнинг ўзаро таъсирилашиши Ленц қоидасига асосан рўй беради:

**Контурдаги индукцион ток доим ўзининг магнит майдони билан ўзини ҳосил қилган магнит оқимининг ўзгаришига қаршилик қиласидиган бўлиб йўналади.**

Индукцион ток йўналишини аниқлашда Ленц қоидасини фойдаланганда қуйидаги алгоритмни қўллаш керак:

- Берк ўтказгич контурнинг ташқи майдони магнит индукциясининг  $\vec{B}$  йўналишини аниқлаш керак.
- Контурни кесиб ўтувчи магнит индукциясининг оқими ортајптими, камайяптими, шуни аниқлаш керак.
- Ленц қоидасига кўра индукцион ток ҳосил қилган майдоннинг  $\vec{B}_i$  магнит индукция чизикларининг йўналишини аниқлаш керак:
  - агар оқим ортса ( $\Delta\Phi > 0$ ), унда индукцион майдоннинг чизиклари ташқи майдоннинг магнит индукцияси чизикларига қарама-қарши йўналади ( $\vec{B}_i \uparrow \downarrow \vec{B}$ );
  - агар оқим камайса ( $\Delta\Phi < 0$ ), унда индукцион токнинг ва магнит индукцияси чизиклари бирдай йўналади ( $\vec{B}_i \uparrow \uparrow \vec{B}$ ).
- $\vec{B}_i$  вектори йўналиши бўйича парма қоидасини қўллаб,  $I_i$  индукцион токнинг йўналишини аниқланг.

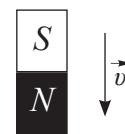


**340-расм.** Ғалтакнинг магнит майдони узоқлашаётган магнит юзага келтирган магнит оқимининг камайишишига қарши таъсири қиласди



### 2-топширик

Алгоритмни қўллаб, 341-расмда кўрсатилган берк ўтказгич контурдаги индукцион токнинг йўналишини аниқланг. Доимий магнит контурга яқинлашмоқда.



**341-расм**



### Эсада сақланг!

Ташқи магнит майдонининг магнит оқими ортганда:  $\Delta\Phi > 0$  ёки уормавий электр майдони индукциясининг ЭЮК –и магнит оқимининг ортишига қаршилик қиласди  $\varepsilon_i < 0$ .

Ташқи магнит майдонининг магнит оқими камайганда:  $\Delta\Phi < 0$  ёки индукцион

ЭЮК магнит оқимини ортиширга интилади  $\varepsilon_i > 0$ .



## Үз тажрибанг

- Агар икки демонстрацион гальванометрларнинг клеммаларини сим билан ўзаро улаб, кейин асбоблардан бирини тебратиш орқали ундаги стрелкани тебрантирасак, тинч турган асбоб стрелкаси ҳам тебрана бошлайди. Тажрибани тушунтиринг ва текшириб кўринг.
- Томсон тажрибасини қандай тушунтириш мумкин: темир ўзакчага катта ҳажмдаги мис сим ўралган ғалтакка киритилган. Ўзакчага мисдан ясалган массив ҳалқа эркин юра оладиган қилиб киритилган. Ғалтакни ўзгарувчан ток занжирига улаганда ҳалқа сакраб чиқади.



## Жавоби қандай?

- Нега агар комплас корпуси латундан ясалса унинг стрелкаси тебраниши тез тўхтайди, корпус пластмассадан ясалганда эса секин тўхтайди?
- Нега тушиб келаётган берк ўтказгич ҳалқа тўғри магнитга яқинлашганда ўз ҳаракатини секинлаштиради? Агар ҳалқа берк бўлмаса, секинлашиши нега кузатилмайди?

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАСИ

Берк тўғри бурчакли контур токли тўғри ўтказгичнинг текислигига жойлашган. Ўтказгичдаги ток кучи орта бошлайди. Контурдаги индукцион токнинг йўналишини ва контурга таъсир этувчи Ампер кучини аниқланг.

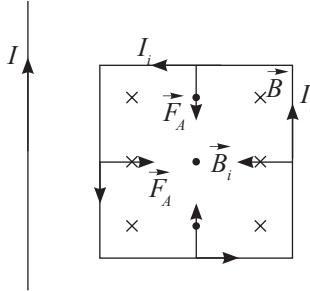
### Ечиш:

Ленц қоидаси бўйича индукцион токнинг йўналишини аниқлаш алгоритмини қўллаймиз.

- Токли ўтказгич ташки майдонни юзага келтиради. Контур ичидаги магнит майдонининг чизиқлари рамка текислигига перпендикуляр ва биздан ичкарига томон йўналган (*расмни қаранг*).
- Масала берилиши бўйича ток кучи ортади, бу унинг оқимининг ортишига олиб келади  $\Delta\Phi > 0$ .
- $\Delta\Phi > 0$ , мос ҳолда, ташки майдоннинг магнит индукцияси векторига қарама-қарши йўналади:  $\vec{B}_i \uparrow \downarrow \vec{B}$ .  $\vec{B}_i$  векторини рамка текислигига перпендикуляр юқорига йўналган расмдаги нуқта сифатида чизамиз.
- $\vec{B}_i$  векторининг йўналиши бўйича парма қоидасини кўллаб, I<sub>i</sub> индукцион токнинг йўналишини аниқлаймиз.

Индукцион ток соат стрелкасига қарама-қарши йўналган.

Рамканинг томонларига таъсир этувчи Ампер кучининг йўналишини чап қўл қоидасидан аниқлаймиз. Ампер кучи ортиб келаётган магнит оқимини камайтиришга ҳаракат қилиб, рамкани сиқади.



### Назорат саволлари:

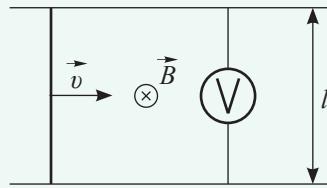
- Магнит яқинлашиб келаётган томонда ғалтакнинг магнит майдонининг қандай қутби ҳосил бўлади?
- Берк контурдан магнитни узоқлаштириб ёки яқинлаштириб қандай кучларга қарши иш бажариш керак?
- Магнит оқимининг сақланиш қонунининг маъноси қандай?
- Ленц қоидасини айтинг.



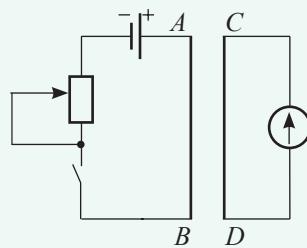
1. Ўрам сони  $N = 400$  соленоидда индукция ЭЮК  $\epsilon_i = 100$  В бўлганда, магнит оқими ўзгариши тезлигини аниқланг.
2. Столлинг устида ётган металл ҳалқа ағдарилди. Ҳалқанинг радиуси  $r = 10$  см, қаршилиги  $R = 2$  Ом. Агар Ернинг магнит майдони индукциясининг вертикал ташкил этувчиси  $B = 5 \cdot 10^{-5}$  Тл бўлса, ҳалқа орқали қандай заряд ўтади?
3. Икки параллел ўтказгич бир жинсли  $B = 1$  Тл магнит майдонида майдоннинг куч чизиқлари ўтказгичлар жойлашган текисликка перпендикуляр бўладиган қилиб жойлаштирилган. Ўтказгичларга перпендикуляр металл стержень вольтметрга  $v = 10$  м/с тезлиқда яқинлашиб келади. Ўтказгичларнинг оралиғи  $l = 1$  м (342-расм).

Вольтметрнинг кўрсатишини аниқланг

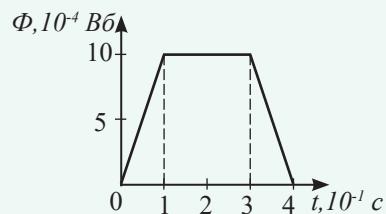
4. Куйидаги ҳолларда  $CD$  ўтказгичидаги ток йўналишини аниқланг (343-расм):
  - $AB$  ўтказгич занжирга уланади;
  - $AB$  ўтказгич занжирдан узилди;
  - берк занжирдаги реостат жилгичи юқорига ва пастга кўчганда;
  - $AB$  ва  $CD$  контурла рининг тўғри чизиқли қисмлари яқинлаштирилганда ва узоқлаштирилганда.
5. Фалтакни кесиб ўтувчи магнит оқими вақтнинг ўтиши билан 344-расмдагидай ўзгариши. Фалтакдаги индукцион ЭЮК-и ўзгариш графигини ясанг. Агар фалтакда 400 ўрам бўлса, индукцион ЭЮК-ининг максимал қиймати нимага teng?



342-расм 3-топширикча



343-расм. 4-топширикча



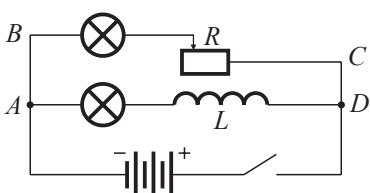
344-расм. 5-топширикча

## 51§. Ўзиндукия ҳодисаси. Индуктивлик. Магнит майдонининг энергияси

Кутиладиган натижаба:

Бу параграфни ўзлаштиргандади:

- сиз механик ва магнит энергияларининг ўхшашикларини топа оласиз.



345-расм. Кичик актив қаршилиги бор ғалтакда ўзиндукия ҳодисаси кузатилади, А лампа кечикиб ёнади.

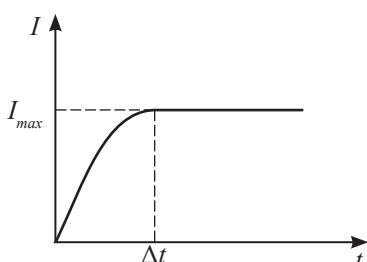
### I Ўзиндукия ҳодисаси

Ўзиндукия ҳодисаси ўзгарувчан токли ўтказгичларда кузатилади. Ўзгарувчан ток ўтказгичнинг атрофида ўзгарувчан магнит майдонини юзага келтиради, у ўз навбатида Максвелл гипотезасига кўра уормавий электр майдонини юзага келтиради. Уормавий майдон таъсирида ўтказгичда индукцион ток пайдо бўлади, у Ленц қоидаси бўйича магнит оқимининг ўзгаришига қаршилик қиласи.

Ўзиндукия – ўтказгич контурдаги ток кучи ўзгарганда шу контурда индукцион ЭЮК пайдо бўлиши ҳодисаси.

Агар ўтказгич ўзгармас ток манбаига уланган бўлса унда электромагнит индукция ҳодисасини занжир уланган ва узилган пайтда кузатишга бўлади. 345-расмда икки лампа ток манбаига параллел уланган схемаси тасвиранган. Уларнинг бири реостат орқали, иккинчиси кичик актив қаршилиги бор ғалтак орқали уланган. Реостат орқали лампаларнинг текис ёритилишини таъминлаш мумкин. Калит уланиши пайтida ғалтак орқали уланган лампа кечикиб бориб ёнади. Буни ғалтакда ўзиндукия ЭҚК пайдо бўлиши ва тармоқдаги ток кучининг  $\Delta t$  вақт ичида максимал қийматгача ортиши билан тушунтиришга бўлади (346-расм).

Занжир узилган пайтда ўзиндукия ҳодисасини 347 а-расмда тасвиранган занжир билан ўтказилган тажрибада кузатишга бўлади. Ленц қоидасига кўра, занжирни ток манбаидан ажратганда, ғалтакда индукцион ток пайдо бўлади (347 б-расм). Унинг йўналиши ток манбаида пайдо бўлган ток йўналиши билан бирдай бўлади (347 а-расм). Индукцион ток ғалтак ва гальванометрдан иборат берк контур орқали ўтади ва гальванометр стрелкасини қарши томонга йўналтиради. Гальванометр кўрсатишлари бўйича, занжирдаги токнинг аста-секин йўқолишини кузатиш мумкин (348-расм).



346-расм. Ғалтакдаги ток кучи максимал қийматга етиши учун  $\Delta t$  вақт керак.

## II Галтакнинг индуктивлиги

Ўзиндукия ҳодисаси механикадаги инерция ҳодисасига ўхшаш. Галтак инертилек хоссасига эга.

**Галтакнинг инертилек хоссасини характерловчи физик катталиктин индуктивлик деб аталади.**

Ўзиндукия ҳодисасин юзага келтирадиган индуктивлик ва магнит оқимининг боғланишини аниқлаймиз. Галтакни кесиб ўтувчи магнит оқими күйидагига тенг бўлади:

$$\Phi = BSN \cos \alpha, \quad (1)$$

бунда  $N$  – галтакнинг ўрамлари сони.

Галтак ҳосил қилган магнит индукциясининг майдони:

$$B = \mu_0 \mu n I, \quad (2)$$

бу ердаги  $\mu$  – ўзакнинг магнит сингдирувчанлиги,  $n$  – узунлик бирлигидаги ўрам сони, у галтак ўрамлари сонини унинг узунлигига нисбати билан аниқланади:

$$n = \frac{N}{l} \quad (3)$$

(2) ва (3) формуласаларни (1) формулага қўямиз, унда:

$$\Phi = \mu \cdot \mu_0 \frac{N^2}{l} S \cos \alpha. \quad (4)$$

(4) формуладаги галтакнинг ўлчами ва хоссаларини характерловчи барча катталикларни аниқлаб,  $L$  ҳарфи билан белгилаймиз:

$$L = \mu \cdot \mu_0 \frac{N^2}{l} S = \mu \cdot \mu_0 n^2 l S.$$

Галтакнинг индуктивликни ҳисоблаш формуласи олинди:

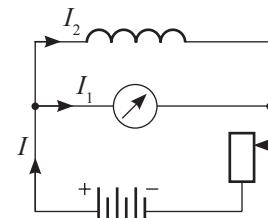
$$L = \mu \mu_0 n^2 l S. \quad (5)$$

Индуктивлик галтакнинг  $l$  ва  $S$  ўлчамларига, ўзакнинг  $\mu$  материалига ва  $n$  ўрамнинг зичлигига боғлиқ бўлади.

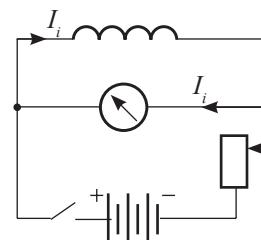
Индуктивлик галтакдаги ток кучига ва ундан ўтувчи магнит оқимига боғлиқ эмас, у қуйидаги катталикларнинг пропорционаллик коэффициенти ҳисобланади:

$$\Phi = L I. \quad (6)$$

ХБС бўйича индуктивликнинг ўлчов бирлиги америка физиги Джозеф Генрининг ҳурматига генри деб аталган:  $[L] = 1$  Гн.

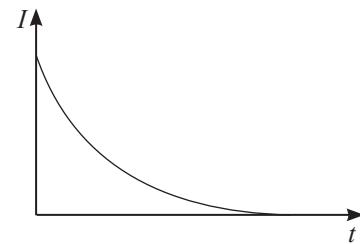


a)



б)

**347-расм.** Ток манбаидан узилганда галтакдаги индукцион ток гальванометр стрелкасини қарши томонга оғдиради.



**348-расм.** Галтакдаги ток кучи вақт ўтиши билан ноль қийматгача ўзгаради

### 1-топшириқ

Галтак индуктивлигини унинг ўлчамига ва ўрам сонига боғлиқлик графигини ясанг.

### III Ўзиндукия ЭЮК

Электромагнит индукция конунини ва ўзиндукия ЭЮК ҳисоблаш формуласини (4) қўллаб, қўйидагини оламиз:

$$\varepsilon_{is} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = -\frac{LI_2 - LI_1}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Шунга боғлиқ ҳола, ўзиндукияят ЭЮК:

$$\varepsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}. \quad (7)$$

Бу формуладан:  $L = \frac{\varepsilon_{is}}{|\Delta I| / \Delta t}$ , мос ҳолда:  
 $1 \text{Гн} = \frac{1 \text{В}}{1 \text{А} / \text{с}}$ .



Джозеф Генри (1797–1878) – Америка физиги, машхур олимлардан бири, Смитсон институтиниг биринчи котиби. Магнитларни ясаш борасида Генри электромагнетизмда ўзиндукия ҳодисасини кашф қилди. Фарадейдан мустақил Генри ўзаро индукцияни аниқлади. Унинг электромагнит реле бўйича бажарган ишлари электр телеграфнинг асоси бўлди.

### IV Магнит майдонининг энергияси

Ғалтакдаги магнит майдонининг энергиясини, ғалтакнинг инертилик хосасини ва кинетик энергияяга эга харакатдаги жисмга ўхшашлигидан фойдаланиб, қўйидагича ёзиш мумкин:

$$W_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (8)$$

Ғалтакнинг магнит майдонининг энергиясини ҳисоблаш формуласини (8) формулага ўхшатиб, қўйидагича ёзиш мумкин:

$$W_{m.m.} = \frac{LI^2}{2}. \quad (9)$$

Үюрмавий майдонни ўтишда ток манбайнинг ишини график усулда аниқлаймиз. 349-расмда магнит майдони оқимини ғалтакдаги ток кучига боғлиқлиги тасвирланган, фигуранинг юзи сон қиймати бўйича бажарилган ишга teng, демак, ғалтакдаги магнит майдонининг энергияси:

$$W_{m.m.} = \frac{I\Phi}{2} = \frac{LI^2}{2}. \quad (10)$$

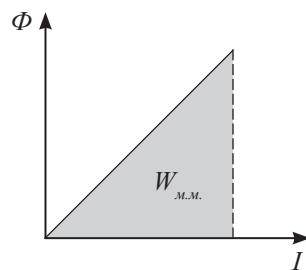
### V Магнит майдон энергиясининг зичлиги

Магнит майдони фазонинг бироз қисмида токли ўтказгични қамраб олади. Магнит майдонининг энергетик характеристикиси бўлган магнит майдони энергиясининг ҳажмий зичлигиди киритамиз:

$$\omega_{m.o.} = \frac{W_{m.}}{V}. \quad (11)$$

бу ердаги  $\omega$  – магнит майдони энергиясининг ҳажмий зичлиги. (11) формулага (10) ва (4) формулаларни кўйсак:

$$\omega = \frac{LI^2}{2V} = \frac{\mu \cdot \mu_0 n^2 l S I^2}{2lS} = \frac{\mu \cdot \mu_0 n^2 I^2}{2}. \quad (12)$$



349-расм. Магнит оқимининг ғалтакдаги ток кучига боғлиқлик графикиги



#### Жавоби қандай?

1. Ғалтакнинг индуктивлигини қандай ўзгартириши мумкин?
2. Бу ғалтакнинг актив қаршилигига қандай таъсир қиласи?

(2) формулани ҳисобга олиб, қуидаги ифодани оламиз:

$$\omega_{\text{м.м.}} = \frac{B^2}{2\mu \cdot \mu_0}. \quad (13)$$

Энергиянинг зичлиги берилган муҳитдаги магнит индукциясининг квадратига тўғри пропорционал.



### Жавоби қандай?

Магнит майдони  
энергиясининг зичлиги  
нега магнит босими деб  
аталади?



### Эсда сақланг!

ХБС бўйича энергиянинг ҳажмий зичлигининг ўлчов бирлиги:

$$[\omega] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} = 1 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^3} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 1 \text{ Па}$$



### Жавоби қандай?

- Нега катта қувватли электр двигателларни ток манбаидан реостат ёрдамида аста-секин узилади?
- Нега қарама-қарши йўналишда икки қават ўрами бор ғалтакда индукцион ток пайдо бўлмайди?

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Қаршилиги  $R = 20 \Omega$  ва индуктивтилиги  $L = 0,01 \text{ Гн}$  ғалтак ўзгарувчан магнит майдонида турибди. Шу майдон юзага келтирган магнит оқими  $\Delta\Phi = 1 \text{ мВб}$  га ортганда, ғалтакдаги ток кучи  $\Delta I = 0,05 \text{ А}$  ортди. Бу вақтда ғалтак бўйлаб қандай  $\Delta q$  заряд ўтади?

**Берилган:**

$$\begin{aligned} R &= 20 \Omega \\ L &= 0,01 \text{ Гн} \\ \Delta\Phi &= 1 \text{ мВб} \\ \Delta I &= 0,05 \text{ А} \end{aligned}$$

$$\Delta q - ?$$

**ХБС**

$$10^{-3} \text{ Вб}$$

**Ечиш:**

Ғалтакдаги ток  $L \frac{\Delta I}{\Delta t}$  ўзиндукциясининг ЭЮК-и қарама-қарши таъсир этувчи  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  индукциянинг ЭЮК-ини юзага келтиради. Ғалтаги бор занжир қисми учун Ом қонуни қуидаги кўринишда бўлади:

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} - L \frac{\Delta I}{\Delta t} = IR.$$

Тенгламани  $\Delta t$  вақтга қўпайтирамиз:  $\Delta\Phi - L\Delta I = IR\Delta t$ , бундан  $\Delta q = I\Delta t = \frac{\Delta\Phi - L\Delta I}{R}$ .

Ҳисоблаймиз:

$$\Delta q = \frac{10^{-3} \text{ Вб} - 0,01 \text{ Гн} \cdot 0,05 \text{ А}}{20 \Omega} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}.$$

**Жавоби:** 25 мКл.

## Назорат саволлари

1. Ўзиндукия ҳодисасининг моҳияти нимада?
2. Индуктивтлик ғалтаги қандай хоссаларга эга?
3. Ғалтак инерциаллигини қандай катталик кўрсатади?
4. Магнит майдонининг энергияси нимага тенг?

### ★ Машқ

51

1. Контурнинг индуктивлиги  $L = 0,04$  Гн. Контурдаги ток кучи  $\Delta I = 0,4$  А-га ортди. Контурдаги ток юзага келтирган магнит оқими қанчага ўзгарди?
2. Контурнинг индуктивлиги  $L = 20$  мГн. Агар  $\Delta t = 0,02$  с ичида ундаги ток кучи  $\Delta I = 0,04$  А-га камайса, контурдаги ўртacha ўзиндукия ЭЮК нимага тенг?
3. Индуктивлиги  $L = 6$  мГн соленоиднинг  $N = 400$  ўрами бор. Ўрамдаги ток кучи  $I = 10$  А. Соленоидда пайдо бўладиган магнит оқимини аниқланг.
4. Занжирда ЭҚК  $\varepsilon = 1,2$  В ток манбаи, қаршилиги  $R = 1 \Omega$  реостат ва индуктивлиги  $L = 1$  Гн ғалтак кетма-кет уланган. Занжирдан  $I_0$  ўзгармас ток ўтади. Бирор вақтдан кейин ток  $\Delta I/\Delta t = 0,2$  А/с домий тезликда камаядиган қилиб, реостатнинг қаршилиги ўзгартирила бошланди. Ток ўзгара бошлагандан  $t = 2$  с ўтгач, занжирнинг  $R_1$  қаршилиги нимага тенг бўлади?
5. Ўзун соленоид орқали энергияси  $W = 0,5$  Дж магнит оқимини юзага келтирадиган  $I = 10$  А ток кучи ўтади. Соленоид айланаларини кесиб ўтувчи магнит оқимини аниқланг.

## 52δ. Электр двигатель ва ўзгармас ток электр генератори

### Куттадиган натижা:

Бу параграфни ўзлаштирганданда:

- электр двигатели моделини ўргана оласиз ва олинган натижаларни Фарадей қонуну ва Ленц қоидасини қўллаб, аргументли асосда тушунтира оласиз.

### I Электр двигатели ва генераторнинг тузилиши

**1-топширик.** Мактаб лабораторияси учун мўлжалланган двигатель ва генераторни қараб чиқинг, уларнинг асосий қисмларини ёзинг, ўхшашликлари ва фарқларини кўрсатинг (350–351-расмлар).

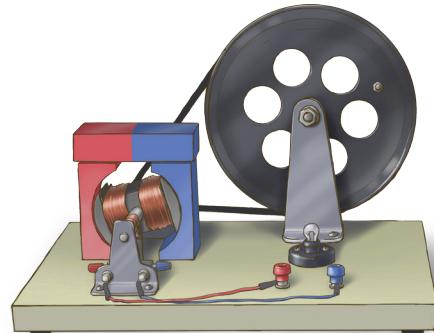


### Жавоби қандай?

Электр двигатель моделини генератор сифатида ишлатишга бўладими?



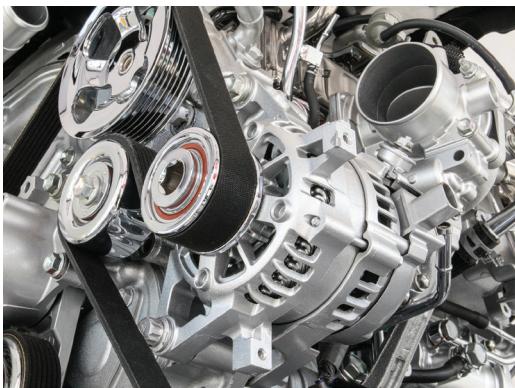
**350-расм.** Мактаб лабораторияси учун мўлжалланган электр двигатель модели



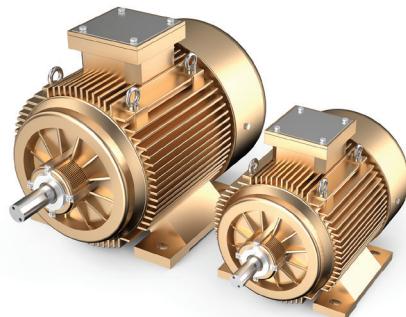
**351-расм.** Мактаб лабораторияси учун мўлжалланган генератор модели



**352-расм**



353-расм



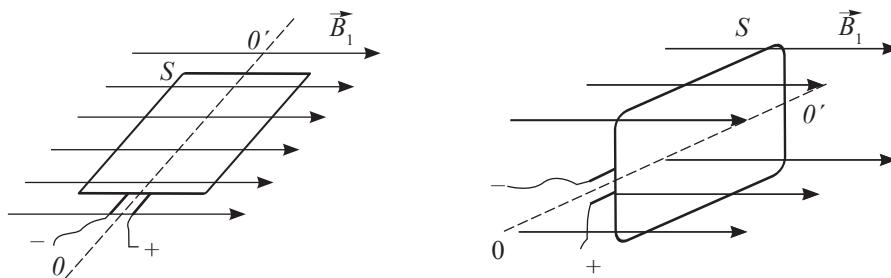
354-расм

**2-топшириқ.** 352–354-расмларда күрсатилған қурилмаларни атанг. Уларни қандай белгиларига қараб аниклаганингизни тушунтириңг.

## II Электр двигателнинг ишлаш принципи

**3-топшириқ:** Двигателнинг қандай ишлашини ўрганиш

- 1) Электр двигатель моделини ток манбаига уланг. Моделга керакли ток манбанини олдиндан аниклаб олинг.
- 2) Двигателдан фойдаланиб, электр асбобларни (вентилятор, лифт, миксер, дрель) уланг.
- 3) Магнит қутбларининг орасидаги двигатель рамкаларининг биттасини расмини солинг. Рамканинг четки томонларини, ундаги токнинг йұналишини күрсатинг. Рамканинг ҳар томонига таъсир этаётган Ампер кучининг йұналишини аникланг (355-расм).



355-расм. Магнит майдонидаги токли рамка



### Жавоби қандай?

1. Ампер кучининг йұналишини аниклаш учун қандай қоидадан фойдаланасиз?
2. Рамканинг қарама-қарши томонларига таъсир этүвчи кучлар нега мувозанатлашган бўлади?
3. Улар нега бир-бируни тўлдирмайди?
4. Рамканинг қандай ҳолатида унинг барча томонларига таъсир этүвчи Ампер кучи рамкани сиқади?
5. Айланиш моменти максимал бўлиши учун рамка қандай ҳолатда бўлиши керак?



356-расм. Двигатель статори



357-расм. Двигатель ротори



358-расм. Ярим ҳалқа

**4-топшириқ.** 356–358-расмларда кўрсатилган двигателларнинг асосий қисмларини қараб чиқинг.

#### Жавоби қандай?

- Двигатель моделида статор ва роторда ўрам сони нега кўп?
- Нега ўтказгичларни металл пластинайларга ўрайди?
- Нега ўзакни яхлит металдан эмас алоҳида пластинайлардан ясади?
- Ярим ҳалқа нима учун керак? Улар қандай двигатель роторига қотирилади?

### III Двигателлардан фойдаланиш

Ўзгармас ток двигателларини темир йўл транспортларининг гилдиракларини айлантиришда ва автомобиль йўллари ва темир йўлнинг кесишган жойларидаги шлагбаумларни ишга туширишда ишлатилади. Жамоат транспортларида (трамвай, троллейбус, метро) улар тортиш кучини ҳосил қилади. Катта омборхоналарда ўзгармас ток двигателлари электркараларни, арzon ва хавфсиз электр ташиш машиналарини ишга туширишда қўлланилади.

Металлни қайта ишлаш саноатида ўзгармас ток двигателлари металл кесиш станокларига ўрнатилади.

**5-топшириқ** Ўзгармас ток двигателининг ишлатилишига бир неча мисол келтиринг.

### IV Доимий ток генератори

#### Жавоби қандай?

Сувенинг юқоридан тушиш энергияси ёки қиздирилган бүғнинг босими таъсирида ротор айланнишида генераторларда, ўтказгичга перпендикуляр Лоренц кучининг ташкил этиувчиларига қарши механик иш бажарилади деганга ишонасизми?



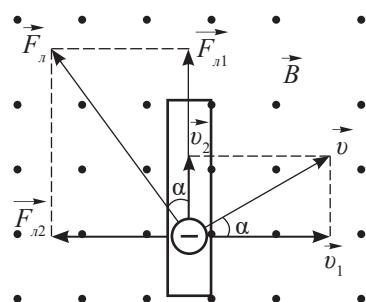
#### Ўз тажрибанг

Қаралаётган курилмалар – двигатель ва генераторга таъриф беринг.



## Эсга туширинг!

Генератор роторининг ўрамидаги зарядларнинг күчиш ишини ўрам бўйлаб йўналган Лоренц күши бажаради. Ўтказгичнинг тезлигига қарши йўналган, ўрамга перпендикуляр жойлашган Лоренц кучларининг ташкил этувчилари манфий иш бажаради (359-расм). Лоренц кучларининг перпендикуляр ташкил этувчилари ўтказгичдаги зарядланган зарраларнинг тартибли ҳаракатидан юзага келади.



**359-расм.** Магнит оқимида ҳаракатланадиган ўтказгичда Лоренц кучини ташкил этувчиларининг иши



## Жавоби қандай?

1. Ўзгармас ток генераторининг ишланиши қандай ҳодисага асосланган?
2. Генераторга уланган электр лампаси янада ёргроқ ёниши учун нима қилиш керак? У электромагнит индукция қонунига тўғри келадими?
3. Генератор моделида рамкани кесиб ўтувчи магнит оқими қандай усулда ўзгаради?
4. Двигатель иши ва генератор ишининг асосий фарқлари нимада?
5. Двигателни генератор сифатида ишлатишга бўладими? Бунинг учун нима қилиш керак?



## Ўз тажрибанг

Ўзгармас ток генераторини моделини ишга туширинг.

## Ижодий топшириқ

1. ppt-тақдимот тайёрлаш:
  - ўзгармас ток двигателини ва генераторларини республикамизда ишлаб чиқаришдаги роли.
  - Электрдвигателлар ва транспортлар.
  - Ўзгармас ток генераторларидан фойдаланиш истиқболи.
2. Электрдвигатель моделини ясанг.

## 14-бобнинг хуносаси

Магнит оқими	Электромагнит индукция қонуни	Ғалтакнинг магнит майдони
$\Phi = BS \cos\alpha$ $\alpha - \vec{B}$ ва $\vec{n}$ векторлари орасидаги бурчак	Контурнинг ЭЮК $\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ $\varepsilon_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ Ўтказгичнинг ЭЮК $\varepsilon_i = B \nu l \sin\alpha$ Ўзиндукциянинг ЭЮК $\varepsilon_{iS} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$	Индуктивлик $L = \mu_0 n^2 l S$ Энергия $W_{M.M.} = \frac{LI^2}{2}$ Энергия зичлиги $\omega_{M.M.} = \frac{W_{M.M.}}{V}$ $\omega_{M.M.} = \frac{B^2}{\mu \cdot \mu_0}$
$\Phi = LI$		

### Қонунлар, қоидалар

#### Электромагнит индукция қонуни

Берк контурни кесиб ўтувчи магнит оқими ўзгарганда, контурда пайдо бўладиган индукция ЭЮК шу контурни кесиб ўтувчи магнит оқимининг ўзариш тезлигига тўғри пропорционал.

#### Максвелл гипотезаси

Ўзгарувчан магнит майдони, фазода магнит майдонининг индукция чизиқлари кучланганлик чизиқларини тўлиқ ўраб оладиган ўзгарувчан электр майдонини юзага келтиради.

#### Ленц қоидаси

Исталган ток каби берк контурда пайдо бўлган индукцион ток ҳам ўзининг атрофида магнит майдонини юзага келтиради. Контурдаги индукцион ток доим ўзининг магнит майдони билан ўзини ҳосил қиласган магнит оқимининг ўзаришига қаршилик қиласиган бўлиб йўналади.

### Глоссарий

**Индуктивлик** – ғалтакнинг инертлик хоссасини характерловчи физик катталиқ.

**Магнит оқими** – магнит майдонида турган берк контурни кесиб ўтувчи магнит индукцияси чизиқлари сони.

**Магнит оқими** – контурни кесиб ўтувчи магнит майдонининг индукциясининг контур юзига ва рамка юзининг нормали ва магнит индукцияси векторининг орасидаги бурчакнинг косинусига кўпайтмасига teng физик катталиқ.

**Магнит майдони энергиясининг ҳажмий зичлиги** – магнит майдонининг энергетик характеристикиси, магнит босими.

**Ўзиндукция** – контур орқали ўтувчи токнинг ўзгарганда ўтказгич контурда ЭЮКнинг пайдо бўлиши.

**Фуко токлари** – яхлит массив ўтказгичлардаги индукцион токлар.

**Электр генератори** – механик энергияни электр энергиясига айлантирувчи машина.

**Электромагнит индукция ҳодисаси** – берк ўтказгич контури орқали ўтадиган магнит оқимининг ўзариши натижасида индукцион токнинг пайдо бўлиш ҳодисаси.

## Иловалар

# ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИ ВА ЖАДВАЛЛАР

- Лаборатория ишларида уларни ўтказиш мақсади, керакли асбоб ва материаллар кўрсатилган, иш бориши расмлар, жадваллар ва ҳисоблаш формулалари билан берилган.

## 1-илова. Лаборатория ишлари

### №1 лаборатория иши.

**Қия нов бўйлаб ҳаракатланадиган жисмнинг тезланишини аниқлаш**

**Ишдан мақсад:** қия нов бўйлаб думалаётган кичик шарчанинг тезланишини ўлчаш.

**Асбоб ва материаллар:** муфтаси ва панжаси бор штатив, металл нов, кичик шарча, цилиндр жисм, ўлчов лентаси, секундомер.

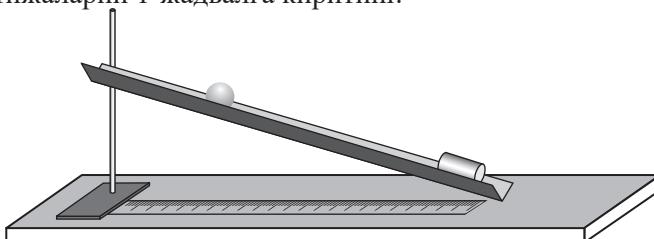
**Қисқача назария:** жисм қия нов бўйлаб тезланиши ҳаракатланиб келади, жисмнинг кўчиши қўйидагига тенг:  $s = \vartheta_0 t + \frac{at^2}{2}$

Бошланғич тезликнинг ноль қийматида:  $s = \frac{at^2}{2}$ .

Хисоблаш формуласини оламиз:  $a = \frac{2s}{t^2}$  (1)

### Ишни бажариш тартиби:

- 1-расмда тасвирланган қурилмани йигинг, новнинг пастки томонига цилиндрик жисмни жойлаштиринг.
- Новнинг юқори томонидан шарчани думалатиб, нов бўйлаб думалаш вақтини секундомер ёрдамида ҳисобланг.
- Масофани ўлчов лентаси орқали шарчанинг цилиндргacha юриб ўтган йўлини аниқланг.
- Олинган натижаларни 1-жадвалга киритинг.



1-расм

1-жадвал

№ п/п	Ўлчанди		Ҳисобланди	
	Масофа $s, m$	Ҳаракат вақти $t, с$	Тезланиш $a, м/с^2$	Тешланишнинг ўртача қиймати $a_{\text{урт}}, м/с^2$
1				
2				
3				
4				
5				

- Новнинг қиялик бурчагини ўзгартирмай, тажрибани 5 марта такрорланг.
- Ҳар бир тажрибани ўтказишда шарчанинг тезланишини ҳисоблаш учун (1) формуласи қўлланг, натижасини жадвалга киритиб боринг.
- Тезланишнинг ўртача қийматини қўйидаги формула бўйича ҳисобланг:

$$a_{\text{урт}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5}{5}$$

8. Ўлчаш хатолигини статистик усулда баҳоланг, ҳар ўлчаш учун абсолют хатолик:

$$\Delta a = |a_{\text{ырт}} - a|$$

абсолют хатоликнинг ўртача қиймати:  $\Delta a_{\text{ырт}} = \frac{\Delta a_1 + \Delta a_2 + \Delta a_3 + \Delta a_4 + \Delta a_5}{5}$

нисбий хатолик:  $\varepsilon = \frac{\Delta a_{\text{ырт}}}{a_{\text{ырт}}} \cdot 100\%$

9. Тажриба натижаларини ёзинг:  $\varepsilon = \dots \cdot 100\%$  бўлганда  $a = a_{\text{ырт}} \pm \Delta a_{\text{ырт}}$   
 10. Олинган натижани  $a = g \sin \alpha$  формуласи бўйича хисобланган тезланиш қиймати билан солиштиринг, бу ердаги  $\alpha$  – новнинг қиялик бурчаги.

### Хулоса:

Новдан думалаб тушаётган шарчада тезланишнинг пайдо бўлишига хулоса ясанг. Эркин тушиш тезланиши ташкил этувчисини ўлчашда йўл қўйилган хатоликни баҳоланг. Ўлчашдаги асосий хатоликни атанг. Қандай хатолик турига ётади: тасодифий ёки системали? Тажрибани натижасини яхшилаш учун нима қилиш керак?

## № 2 лаборатория иши. Жисмнинг учиш масофасининг отиш бурчагига боғлиқлигини ўрганиш

**Ишдан мақсад:** горизонтга бурчак остида отилган жисм харакатининг асосий қонуниятларни текшириш. Отиш бурчагининг қандай қийматларида учиш масофаси энг катта бўлишини аниқлаш.

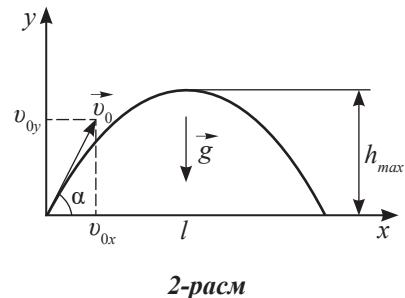
**Асбоб ва материаллар:** лаборатория баллистик пистолети, ўлчаш лентаси, 2 варақ оқ қофоз, 1 бет кўчирма қофози, скотч. Кўчирма қофоз бўлмаганда эланган қумли яшиқдан фойдаланишига бўлади.

**Қисқача назария:** горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг учиш масофаси қўйидаги формула билан топилади (2-расм):

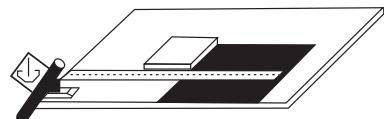
$$l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha_0}{g}$$

### Ишни бажариш тартиби:

- Баллистик пистолетнинг тузилиши ва ишлаши билан танишинг.
- 3-расмда кўрсатилгандай қурилма йигинг.
- Скотч ёрдамида оқ қофозни,  $45^\circ$  бурчак билан отилган синов шар унинг чекка қисмига тушадиган қилиб қотиринг.
- Кўчирма қофозни қора томони билан қотирилган оқ қофоз устига қўйинг (кўчирма қофоз бўлмаганда шар тушадиган жойга қумли яшик қўйинг).
- Пистолетни  $20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 45^\circ$  бурчакларга қўйиб, ҳар бир ҳолатда беш мартадан отинг. Шарнинг тушиш изларини қалам билан белгилаб, ёнига отиш бурчагини ёзиб қўйинг.



2-расм



3-расм

6. Ўлчаш натижаларин жадвалга киритинг.

Шарнинг учиш бурчаги $\alpha_0$	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	90°
Учиш масофаси, см	$l_1$							
	$L_2$							
	$l_3$							
	$l_4$							
	$l_5$							
Учиш масофасининг ўртача қиймати, см	$L_{\text{урт}}$							

7. Варақни алмаштириб, 50°, 60°, 70°, 90° бурчакларда беш мартадан отинг.  
 8. Учиш масофасининг ўртача қийматини ушбу формула билан ҳисобланг:

$$L_{\text{урт}} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5}{5}$$

9. Текшириш саволларига жавоб беринг.  
 а) бурчакларнинг қандай қийматларида учиш масофалари тахминан бирдай бўлади? Олинган натижани учиш масофасини ҳисоблаш формуласини қўллаб текширинг. Шарчанинг бошланғич тезлиги модулини барча бурчаклар учун бирдай деб олинг.  
 б) бурчакнинг қандай қийматида учиш масофаси максимал бўлади? Уни назария билан боғланг.  
 10. Ўтказилган тажрибага хулоса чиқаринг.

### № 3 лаборатория иши.

#### Қия нов бўйлаб юмалайдиган жисмнинг ҳаракатини ўрганиш

**Ишдан мақсад:** айланәтган жисмнинг инерция моментини аниқлаш, тажриба ўтказиш қобилиятини шакллантириш.

**Асбоб ва материаллар:** муфтаси ва панжаси бор штатив, ёйсимон нов, диаметри 1,5 – 2 см шар, кўчирма қофози, ҳар хил оғирликдаги тошлари бор тарози, икки брусос.

**Қисқача назария:** Айланәтган жисмнинг кинетик энергиясини ва унинг бурчак тезлигини билсак, унда шарнинг инерция моментини аниқлай оламиз:

$$W_{\text{айл}} = \frac{J\omega^2}{2}, J = \frac{2W_{\text{айл}}}{\omega^2}. \quad (1)$$

*A* нуқтадаги шар *B* нуқтага нисбатан  $mgh$  потенциал энергияга эга. Нов бўйлаб думалаб тушаётган шарнинг потенциал энергияси илгариланма ҳаракатнинг  $W_{\text{n}}$  кинетик энергиясига ва айланма ҳаракатнинг кинетик энергиясига айланади. *B* нуқтадаги шар учун энергиянинг сақланиш қонунига кўра келаси тенглик бажарилади:

$$mgh = W_{\text{n}} + W_{\text{айл}}$$

бундан

$$W_{\text{айл}} = mgh - \frac{mv^2}{2};$$

мос холда,

$$J = \frac{2W_{\text{айл}}}{\omega^2} = \frac{m(2gh - v^2)}{\omega^2},$$

бу ердаги  $v$  – шарнинг массалар марказининг чизиқли тезлиги ва  $\omega$   $B$  нүктадаги бурчак тезлиги. Новга нисбатан массалар марказининг чизиқли тезлиги ва айланиш ўқидан максимал узоқлашган шарнинг сиртидаги нүктанинг массалар марказига нисбатан тезлиги ўзаро тенг, унда келаси ифодани ёзишга бўлади:

$$\omega = \frac{v}{R},$$

бу ердаги  $R$  – шарнинг радиуси.

Унда шарнинг инерция моменти учун келаси формулани оламиз:

$$J = mR^2 \left( \frac{2gh}{v^2} - 1 \right). \quad (2)$$

Агар стол сиртигача  $l$  масофани ва  $t$  вақтни билсак, шарнинг массалар марказининг  $B$  нүктадаги  $v$  чизиқли тезлигини аниқлашга бўлади.

$$v = \frac{l}{t}.$$

Учиш вақтини ушбу муносабатдан аниқлаймиз:  $H = \frac{gt^2}{2}$  бундан:  $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ .

у ҳолда, тезлик:

$$v = \frac{l}{\sqrt{\frac{2H}{g}}} \quad (3)$$

Олинган (3) ифодани (2) формулага қўйсак, келаси тенгликни оламиз:

$$J = \frac{mR^2(4hH - l^2)}{l^2}. \quad (4)$$

### Ишни бажариш тартиби:

- Ёйсимон новни штативга қисқич билан қотиринг. Новнинг пастки стол сиртига параллел бўлиши керак.  $h$  ва  $H$  баландликларни ўлчаб, жадвалга киритинг (5-расм):

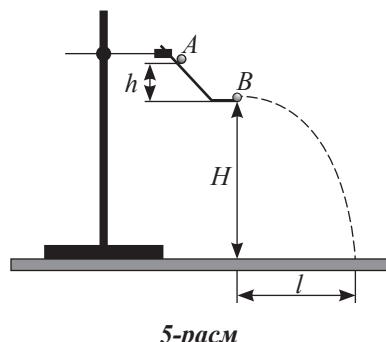
Тажриба №	Ўлчанди					Ҳисобланди		
	$m$ , кг	$R$ , м	$h$ , м	$H$ , м	$l$ , м	$J$ , кг/м <sup>2</sup>	$J_\phi$ , кг/м <sup>2</sup>	$J'$ , кг/м <sup>2</sup>
1								
2								

- Тарозининг ёрдамида шарнинг массасини ўлчанг, натижани жадвалга киритинг.
- Шарни икки брусканинг орасига жойлаштириб,

унинг  $d$  диаметрини аниқланг,  $R = \frac{d}{2}$  радиу-

сини ҳисобланг, натижани жадвалга киритинг.

- $h$  баландлиқдан шарни думалатиб, унинг учиш масофасини ўлчанг, тажрибани 5 марта такорланг.
- Ҳар ўтказилган тажриба учун инерция моментини (4)-формула бўйича аниқланг.



6. Инерция моментининг ўртача қийматини аниқланг:  $J_{\text{ұрт}} = \frac{J_1 + J_2 + J_3 + J_4 + J_5}{5}$
7. Ўлчаш хатолигини статистик усулда аниқланг, ҳар тажриба учун абсолют хатоликні келаси формулалар билан аниқланг:  $\Delta J_i = |J_{\text{ұрт}} - J_i|$ , абсолют хатоликнінг ўртача қиймати:  $\Delta J_{\text{ұрт}} = \frac{\Delta J_1 + \Delta J_2 + \Delta J_3 + \Delta J_4 + \Delta J_5}{5}$ , нисбий хатолик  $\varepsilon_J = \frac{\Delta J_{\text{ұрт}}}{J_{\text{ұрт}}} \cdot 100\%$ .
8. Шар инерция моментини ушбу формула бўйича ҳисобланг:  $J_2 = \frac{2}{5}mR^2$ . Бир марта ўлчагандаги хатоликни баҳоланг:  $\varepsilon_J = 2\frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta m}{m}$ ,  $\Delta J_2 = J_2 \cdot \varepsilon_J$
9. Ўлчаш натижаларини ушбу кўринишда ёзинг:  $\varepsilon = \dots$  бўлганда  $J = J_{\text{ұрт}} \pm \Delta J_{\text{ұрт}}$ ;  $\varepsilon = \dots$  бўлганда  $J = J_2 \pm \Delta J_2$
10. Икки усулда олинган шарнинг инерция моментининг шу соҳада режалаш орқали олинган натижалар билан солиштиринг.
11. Бажарилган иш бўйича хулоса чиқаринг.

#### № 4. лаборатория иши.

#### Бир-бирига бурчак остида йўналган кучларни қўшиш

**Ишдан мақсад:** тажриба орқали кучнинг катталигини аниқлаш ва тажрибада кучларни қўшиш қоидасини текшириш.

**Асбоб ва материаллар:** икки динамометр, икки штатив, бруск, транспортир, илгаги бор ип.

**Кисқача назария:** Тенг таъсир этувчи куч, жисмга қўйилган барча кучларнинг вектор йигиндисига тенг:  $\vec{R} = \vec{F}_{\kappa 1} + \vec{F}_{\kappa 2}$

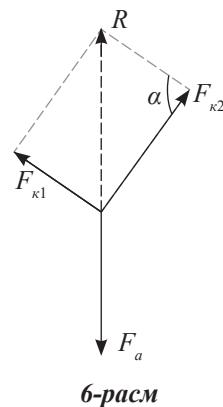
Тенг таъсир этувчи кучнинг йўналиши учурчак ёки параллелограмм усули бўйича аниқланади (*6-расм*). Соң қиймати эса косинуслар теоремаси орқали ҳисобланади.

Тенг таъсир этувчи кучнинг модули куйидагига тенг:

$$R = \sqrt{F_{\kappa 1}^2 + F_{\kappa 2}^2 - 2F_{\kappa 1}F_{\kappa 2} \cos \alpha}.$$

#### Ишни бажариш тартиби:

1. Брускка таъсир этувчи оғирлик қучини аниқланг.
2. Брускни ипга осиб, штативга маълум бир бурчак билан қотирилган илгак охирига икки динамометрни илинг. Чўзилган иплар динамометрнинг ўқи билан бир тўғри чизикда йўналадиган қилиб, штативларни жойлаштиринг.
3. Динамометрларнинг кўрсатишларини ёзинг.
4. Керилган иплар орасидаги бурчакларни ўлчанг.
5. Динамометрнинг киялик бурчагини ўзгартириб, тажрибани такрорланг.



Тажриба №	Үлчанди				Ҳисобланди
	Оғирлик кучи, Н	Таранглик кучи, $F_{k_1}$	Таранглик кучи, $F_{k_2}$	Бурчак а	

6. Олинган натижани таҳлил қилиш.

- Танланган масштабда биринчи тажрибадаги брускка таъсир этувчи кучлар векторларини тасвирланг, кейин иккинчисида векторларнинг бошини брускнинг осилиш нуқтасига жойлаштириңг. Параллелограмм қоидаси бўйича ипни тараанглаштирувчи тенг таъсир этувчи икки куч векторини тузинг.
  - У векторнинг узунлигини чизгич билан ўлчанг. Масштабни ҳисобга олиб, кучни ҳисобланг.
  - Ипнинг таранглик кучларининг алгебраик йиғиндисини ҳисобланг, олинган натижани оғирлик кучи билан солиштириңг.
  - Тенг таъсир этувчи кучни косинулар теоремаси орқали ҳисобланг, уни оғирлик кучи билан солиштириңг.
  - Ипларни турли бурчакларда тортганда тортилиш кучларининг қийматларини солиштириңг. Бурчакни катталаштириш тортилиш кучининг катталигига қандай таъсир қиласи?
7. Бажарилган текширишларга хулоса ёзинг.
8. Натижани яхшилаш учун тажрибада нимани ўзгартирап эдингиз?
9. Тажрибани бажаришни ўз вариантингизни таклиф қилинг. Қандай асбоблар сизларга керак бўларди?

## №5 лаборатория иши. Қовушқоқ суюқликда ҳаракатланадиган кичик шар тезлигини унинг радиусига боғлиқлигини ўрганиш

**Ишдан мақсад:** тажриба натижасига таъсир этувчи факторларни аниқлаш ва уларнинг олдини олиш йўлларини таклиф қиласи.

**Асбоб ва материаллар:** диаметрлари турлича баландлиги 15–20 см, ҳар бир 1 см-дан кейин белги қўйилган трубалар, трубалар учун таглик, турли маркали мотор мойлари қўйилган идишлар, диаметрлари 0,5 мм, 1 мм, 1,5 мм ва 2 мм шарлар, секундомер, иситгич – электр плитка.

**Қисқача назария.** Қовушқоқ мухитда тушаётган шарга уч турли куч таъсир қиласи: оғирлик кучи, Архимед кучи ва қаршилик кучи. Бу ҳаракатда тушиш тезлиги ўзгармас, кучларнинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг:

$$\vec{F}_a + \vec{F}_A + \vec{F}_\kappa = 0$$

Куч йўналишларини ҳисобга олсак:  $F_a = F_A + F_\kappa$

Олинган муносабатдаги кучларни келаси формулалари билан алмаштирамиз:

$$F_a = mg = \rho_T \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot g; \quad F_A = \rho_{\text{ж}} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot g; \quad F_\kappa = 6\pi\eta Rv.$$

Тенгликни тезликка нисбатан ечиб, тезликни ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$v = \frac{2(\rho_T - \rho_{\text{ж}}) \cdot g \cdot R^2}{9\eta},$$

бу ердаги  $\rho_T$  – шарнинг зичлиги,  $\rho_{\text{ж}}$  – суюқликнинг зичлиги,  $R$  – шарнинг радиуси,  $v$  – шарнинг олган тезлиги,  $\eta$  – суюқликнинг қовушқоқлиги.

## Ишнинг бориши:

- Шар тезлигининг унинг радиусига боғланишини ўрганиш.  
Шарнинг тушиш тезлигини аниқлаш учун ўтилган йўлнинг вақтга боғлиқлик графикини ясанг. Графикдан бажарилган ҳаракат чизигини танланг, тўғри чизикнинг бурилиш бурчаги орқали шарнинг суюқлиқда тушиш тезлигини аниқланг. Тажриба натижалари шарнинг қовушқоқ мухитдаги тушиш тезлигини хисоблашнинг назарий формуласи билан қандай муносабатда бўлади?
- Қовушқоқ мухитда шарнинг тушиш тезлигига таъсир этувчи факторларни аниқлаш:
  - диаметри 2 мм шарнинг бошқа суюқлиқда тушиш тезлигини аниқланг;
  - диаметри 2 мм шарнинг ҳарорати юкори биринчи суюқлиқда тушиш тезлигини аниқланг;
  - диаметри 2 мм шарнинг кенгроқ найда тушиш тезлигини аниқланг.
- Ўтказилган тажриба бўйича хулоса ясанг.
- Тажрибани яхшилиш учун ишнинг боришига қандай ўзгариш киритар эдингиз?

## №6 лаборатория иши.

### Ўтказгичларни аралаш улашни ўрганиш

**Ишдан мақсад:** ўтказгични шунт, қўшимча қаршилик, кучланиш бўлгич сифатида улашни ўрганиш.

Аралаш уланган занжир қисмларидаги кучланиш тақсимланишини ўрганиш.

**Асбоб ва материаллар:** 4 В-ли ўзгармас ток манбаи, 3,5 В-ли лампа. (2,5 В), 15-50 Ом ўзгарувчан резистор, учта вольтметр.

**Қисқача назария.** Агар занжир ҳам кетма-кет, ҳам параллел уланган бўлса, унда у аралаш уланган деб аталади.

Ўтказгичлар ишлатилиш мақсадига қараб турлича уланиши мумкин:

#### 1. Қўшимча қаршилик.

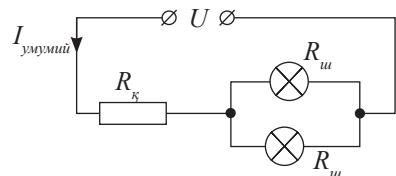
Агар қаршилик ток манбанинг қисқичларидаги кучланишдан паст кучланишда ишлашга мўлжалланган ўтказгичларга кетма-кет уланган бўлса, қўшимча қаршилик деб аталади (7-расм).

Қўшимча қаршилик шу кучланишларнинг айримаси ва занжирдаги рухсат этилаги ток кучи билан хисобланади.

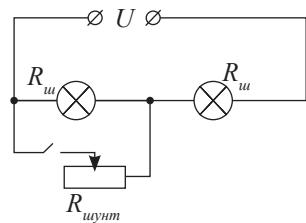
#### 2. Шунт.

Агар ҳисобга олмаса бўладиган кучланиши бор ўтказгич билан электр асбобининг клеммалари уланса, унда бу нуқталарнинг потенциаллари бирдай бўлади (8-расм). Ўтказгичлар учларидаги кучланиш нолга teng бўлади. Электр асбобида ток бўлмайди. Барча заряд ташувчилар ўтказгич орқали ўтади. Бундай ўтказгич шунт бўлиб ҳисобланади.

Шунт билан кетма-кет уланган калит занжирни осон бошқаришга имкон беради. 8-расмда схемаси



7-расм



8-расм

берилган электр занжирига 1 ёки 2 лампани улашга бўлади. Занжирни калит ёки реостат ёрдамида бошқаришга бўлади.

### 3. Кучланиш бўлгич (потенциометр).

Ўзгарувчан қаршилик ўтказгичи ток манбай қисқичларидаги кучланишни маълум нисбатда занжирнинг икки тармоғига бўлишга имкон беради. Бунинг учун асбобларни 9-расмда кўрсатилган схема бўйича занжир йигиб, аниқлашга бўлади.

Ток манбай қисқичларидаги кучланиш ва электр асбобларидаги кучланишнинг нисбатларини 10-расмда кўрсатилган схема бўйича занжир йигиб, аниқлашга бўлади.

### 1-топшириқ

**Қўшимча қаршилик сифатида ўзгарувчан резисторни улаш.**

- 11-расмда кўрсатилган схема бўйича занжир йигинг.
2. Занжирдаги ўзгарувчан резисторнинг вазифасини аниқланг.
3. Реостат жилгичининг турли вазиятида амперметр ва вольтметрнинг кўрсатишларини олинг.
4. Натижаларни жадвалга киритинг.

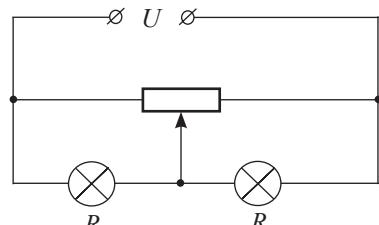
№ тажриба	Ўлчанди		Ҳисобланди $U_1 + U_2, \text{ В}$
	$U_1, \text{ В}$	$U_2, \text{ В}$	
1			

5. Ток манбанинг қисқичларida кучланишларнинг йигиндисини  $ab$  ва  $cd$  қисмлардаги кучланишларнинг йигиндиси билан солиштиринг.
6. Резистор жилгичини суришда лампанинг ёритишини ўзгариши сабабини тушунтиринг.
7. Хулоса ясанг.

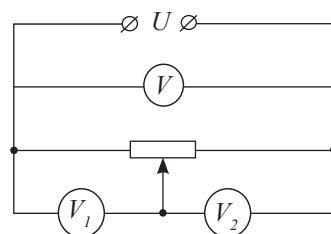
### 2-топшириқ.

**Ўзгарувчан резисторни вақтинча шунт сифатида улаш.**

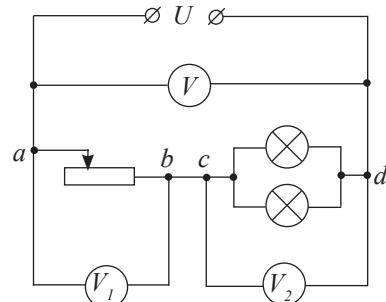
- 12-расмда кўрсатилган схема бўйича занжир йигинг.
2. Занжирдаги ўзгарувчан резисторнинг вазифасини аниқланг.
3. Калит очиқ ва уланган пайтдаги амперметр ва вольтметрнинг кўрсатишларини олинг. Натижаларни жадвалга киритинг.



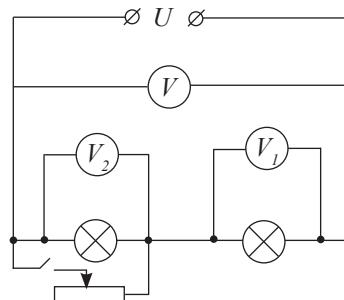
9-расм



10-расм



11-расм



12-расм

№ тажриба	Калитнинг ҳолати	Ўлчанди			Ҳисобланди $U_1 + U_2, \text{ В}$
		$U_1, \text{ В}$	$U_2, \text{ В}$	$U, \text{ В}$	
1	берк				
2	очик				

4. Калит уланганда резистор жилгичининг чекка ва ўрта нуқталарда жойлашгандаги вольтметрнинг қўрсатишларини олинг. Лампани ёритишини кузатинг. Натижаларни жадвалга киритинг.

№ тажриба	Резистор жилгичининг вазияти	Ўлчанди			Ҳисобланди $U_1 + U_2, \text{ В}$
		$U_1, \text{ В}$	$U_2, \text{ В}$	$U, \text{ В}$	
1	Чап чеккада				
2	Ўртада				
3	Ўнг чеккада				

5. Ток манбай қисқичларидаги кучланишни занжир қисмларидаги кучланишларнинг йиғиндиси билан солишистиргинг.  
 6. Биринчи вольтметрдаги кучланишнинг қиймати 0 бўлган ҳолни қўрсатинг.  
 7. Хулоса чиқаринг.

### 3-топшириқ.

Ўзгарувчан резисторни кучланиш бўлгич сифатида улаш

- 10-расмда қўрсатилган схема бўйича занжир йиғинг.
- Резистор жилгичини бир чекка нуқтадан иккинчи чекка нуқтага силжитиб, жилгичнинг уч турли вазияти учун вольтметрнинг қўрсатишларини олинг. Натижаларни жадвалга киритинг.

№ тажриба	Ўлчанди			Ҳисобланди $U_1 + U_2, \text{ В}$
	$U_1, \text{ В}$	$U_2, \text{ В}$	$U, \text{ В}$	
1				

- Занжирдаги умумий кучланиш жилгичнинг исталган вазиятида ўзгарувчан резисторнинг ўнг ва чап қисмларига уланган вольтметрларнинг қўрсатишларининг йиғиндисига тенг эканига ишонч ҳосил қилинг.
- Занжирдаги ўзгарувчан резисторнинг вазифасини аниқланг.
- Хулоса чиқаринг.

## №7 лаборатория иши.

### Ток манбайнинг электр юритувчи кучи ва ички қаршилигини аниқлаш

**Ишдан мақсад:** Ток манбайнинг ЭЮК ва ички қаршилигини аниқлаш.

**Асбоб ва материаллар:** ток манбай – гальваник элементнинг 4,5 В батареяси, амперметр, вольтметр, 6 Ом реостат, ўтказгич симлар.

**Қисқача назария.** 13-расмда қўрсатилган схемада занжир қисми учун  $I = \frac{U}{R}$  ва тўлиқ занжир учун  $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$  Ом Ом қонунларини қўлланиб, ток манбайнинг ЭЮК ифодалаймиз:

$$\varepsilon = U_1 + I_1 r. \quad (1)$$

Реостат ёрдамида занжирдаги ток кучини ўзгартирамиз, шунда (1) формула мана бу күринишга келади:

$$\varepsilon = U_2 + I_2 r. \quad (2)$$

(1) ва (2) формулалардан:

$$U_1 + I_1 r = U_2 + I_2 r,$$

демак:

$$r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}. \quad (3)$$

(3) формулани (1) формулага қўйсак, ушбу тенгликни оламиз:

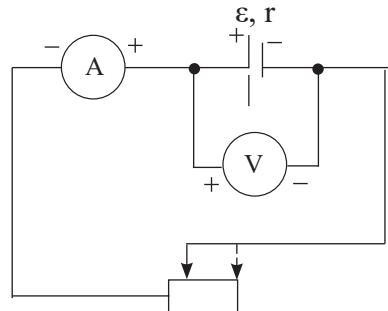
$$\varepsilon = \frac{U_2 I_1 - U_1 I_2}{I_1 - I_2}. \quad (4)$$

### Ишни бажариш тартиби:

- Схема бўйича занжир йигинг (13-расм).
- Реостат жилгичини асбобнинг ўртасига жойлаштиринг.
- Занжирни улаб, амперметр  $I_1$  ва волтметр  $U_1$  кўрсатишларини олинг. Натижаларни жадвалга киритинг:

№ тажриба	Ўлчанди				Хисобланди				
	$I_1, A$	$U_1, V$	$I_2, A$	$U_2, V$	$\varepsilon, V$	$r, \Omega$	$\varepsilon, \%$	$\Delta\varepsilon$	$\Delta r$

- Реостатнинг қаршилигини орттириб, жилгични янги вазиятга жойлаштиринг ва, амперметр  $I_2$  ва волтметр  $U_2$  кўрсатишларини олинг. Натижаларни жадвалга киритинг.
- (3) ва (4) формулалар бўйича ток манбайнинг ички қаршилиги ва ЭЮК катталикларини хисобланг.
- Ўлчов асбобларининг аниқлик синфи бўйича ўлчаш хатоликларини хисобланг.
- Жавобни ўлчаш хатоликларини кўрсатиб ёзинг.
- Ток манбайнинг ЭЮК-ини тўғридан тўғри ўлчаш орқали аниқланг, натижаларни солишибинг.



13-расм

### №8 лаборатория иши.

**Лампа толасининг, резисторнинг, яrim ўтказгич диоднинг вольт-ампер характеристикаси**

**Ишдан мақсад:** чўғланма лампанинг, резисторнинг ва яrim ўтказгич диоднинг вольт-ампер характеристикаларини ўрганиш.

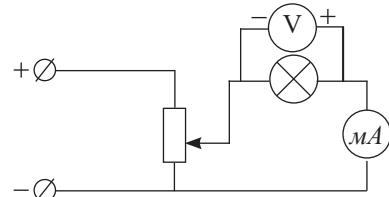
**Асбоб ва материаллар:** 12 В ли чўғланма лампа, 15 Ом реостат, волтметр, 50 мА миллиамперметр, 6 В ток манбаи, 100 Ом қаршилик, диод, калит, ўтказгич симлар.

## Ишни бажариш тартиби

### 1-топшириқ.

Чүгланма лампанинг вольт-ампер характеристикасини ўрганиш.

- 14-расмда кўрсатилган схема бўйича занжир йиғинг.
- Дафтарингизга ўлчашлар ва хисоблашлар натижаларини ёзадиган жадвал чизинг.



14-расм

$U, \text{В}$									
$I, \text{mA}$									
$R, \Omega$									

- Лампадаги кучланишни 0,5 В қадам билан 0 вольтдан 6 вольтгача кўтаринг.
- Вольтметр ва миллиамперметрнинг кўрсатишларини жадвалга киритинг.
- Лампанинг вольт-ампер характеристикасининг графигини ясанг. Олинган натижани тушунтиринг.
- Ток кучи ва кучланишнинг турли қийматларида лампанинг қиздириш толасининг қаршилигини аниқланг. Натижаларни жадвалга киритинг.
- Лампа қиздириш толасининг қаршилиги учун олинган қийматларини таҳлил қилинг.

### 2-топшириқ.

Резисторнинг вольт-ампер характеристикасини ўрганиш.

- Электр занжиридаги лампани 100 Ом қаршилик билан алмаштиринг.
- Дафтарингизга ўлчаш натижаларини ёзадиган жадвал чизинг.

$U, \text{В}$									
$I, \text{mA} (R = 100 \text{ Ом})$									
$I, \text{mA} (R = 50 \text{ Ом})$									

- Резистордаги кучланишни 1 В қадам билан 0 вольтдан 6 вольтгача кўтаринг. Вольтметр ва миллиамперметрнинг кўрсатишини жадвалга киритинг.
- Резисторни 50 Ом резистор билан алмаштиринг. Кучланишнинг қийматини ўзгартирмай, миллиамперметрнинг кўрсатишини олинг. Натижаларни жадвалга киритинг.
- Резисторнинг вольт-ампер характеристикаларини бир координата текислигига тасвирланг. Чўгланма лампа ва резисторнинг вольт-ампер характеристикаларини фарқи нимада?
- Резисторлардан олинган вольт-ампер характеристикалари асосида  $I = f(U)$  боғлиқлик тенгламасини ёзинг. Уларнинг ўхшашликлари нимада? Фарқларичи?

### 3-топшириқ.

Яrim ўтказгич диоднинг вольт-ампер характеристикасини ўрганиш.

- Берилган яrim ўтказгич диоднинг четки параметрларини ёзинг.

- Занжирдаги резисторни диодга алмаштириб, диод түғри уланган электр занжирини йифинг. 1,5 В ва 300 мА атрофидаги диоднинг түғри улаш параметрларини ҳисобга олиб, ўлчаш асбобларида чеклашларни танланг.
- 0,3 В қадам билан диоднинг түғри уланишининг вольт-ампер характеристикаларини олинг. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижаларини жадвалга киритинг.

$U, \text{В}$				
$I, \text{mA}$				
$R, \text{Ом}$				

- Диод тескари уланган электр занжирини йифинг. Ўлчаш чегараси тахминан 15 В ва 3 мА бўлсин.
- 1 В қадам билан диоднинг тескари уланиши вольт-ампер характеристикаларини олинг. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижаларини жадвалга киритинг.

$U, \text{В}$					
$I, \text{mA}$					
$R, \text{Ом}$					

- Кордината текислигининг биринчи чорагида түғри улаш учун, тўртинчи чорагида тескари улаш учун ток кучининг кучланишга боғлиқлик графигини ясанг. Олинган натижаларни тушунтиринг. Турли қийматларида диоднинг қаршилигини аниқланг. Натижаларни жадвалга киритинг.
- Диод қаршилигининг олинган қийматларини таҳлил қилинг.

## №9 лаборатория иши.

### Бир валентли ионнинг электр зарядини ўлчаш

**Ишдан мақсад:** тажрибада электролиз жараёнида электрон зарядини аниқлаш.

**Асбоб ва материаллар:** мис эритмаси бор электролитик ванна, ўзгармас ток манбаи, амперметр, реостат, калит, тарози, секундомер, электроплитка, ўтказгич симлар.

**Қисқача назария.** Фарадей қонунлари электрон зарядини юқори аниқликда аниқлашга имкон беради. Фарадейнинг бирлашган қонунидан электрон зарядини ҳисоблаш формуласини ифодалайлик:

$$e = \frac{MIt}{mN_A n}$$

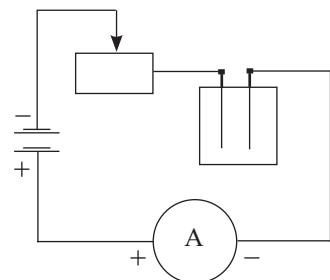
бу ердаги  $m$  – электродда ажралган модда массаси, электролизгача ва ундан кейинги электрод массаларининг айрмаси билан аниқланади,  $M$  – моляр масса,  $n$  – ионларнинг валентлиги,  $I$  – электролитдаги ток кучи,  $t$  – электролиз вақти.

### Ишни бажариш тартиби:

- Катод сифатида ишлатиладиган мис электродни тозалаб, массасини аниқланади. Ўлчанган массани  $m_1$  жадвалга киритинг.

$m_1, \text{кг}$	$m_2, \text{кг}$	$m, \text{кг}$	$I, \text{A}$	$t, \text{с}$	$e, \text{Кл}$

2. Электролиттик ваннага электролит ва мис электродлар – анод ва катодни тушириңг. Реостат орқали катодни ток манбанинг манфий қутбиға, анодни – мусбат қутбиға уланг (*15-расм*).
3. 30 минут давом этадиган эксперимент бошланиш вақтини белгилаб, ток манбанин уланг. Тажриба давомида реостат жилгичини сурмай, ток кучини бир қийматда ушлаб туринг.
4. Эксперимент вақти тугаганда, ток манбанин узинг. Катодни занжирдан ажратинг, электр печида қуритиб, тарози ёрдамида  $m_2$  массасини аниқланг. Натижаларни жадвалга киритинг.
5. Миснинг моляр массаси  $M = 63,5 \cdot 10^{-3}$  кг/моль деб олиб ва миснинг икки валентли  $Z = 2$  эканини ҳисобга олиб, электрон зарядини аниқланг.
6. Олинган катталикларни жадвал қийматлари билан солиштириңг. Ўлчаш хатолигини аниқланг.



*15-расм*

## 2-илова. Физик каттакликлар жадвали

**1-жадвал.** Физик доимийлар

Физик доимий	Белгиланиши	Доимийнинг қиймати
Вакуумдаги ёргулук тезлиги	$c$	$\approx 3 \cdot 10^8$ м/с
Элементар заряд (электрон заряды)	$e$	$-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Электроннинг тинчлик массаси	$m_e$	$9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
Протоннинг тинчлик массаси	$m_p$	$1,67 \cdot 10^{-27}$ кг
Больцман доимийси	$k$	$1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Универсал газ доимийси	$R$	8,31 Дж/(моль К)
Гравитацион доимий	$G$	$6,67 \cdot 10^{-11}$ Нм <sup>2</sup> /кг
Планк доимийси	$h$	$6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж с
Фарадей доимийси	$F$	9 648 4,56 Кл/моль
Идеал газнинг нормал шароитдаги моляр ҳажми ( $t=0$ °C, $p=101,325$ кПа)	$V_m$	$2,24 \cdot 10^{-2}$ м <sup>3</sup> /моль
Авогадро доимийси	$N_A$	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Абсолют ноль ҳарорат	$T_o$	0 К = -273,15 °C
Нормал атмосфера босими	$P_{atm\ n}$	101325 Па
Ҳавонинг нормал ҳолатдаги зичлиги	$\rho_{\text{хаво}}$	1,293 кг/м <sup>3</sup>

**2-жадвал.** Моддаларнинг зичлиги

Модда	Зичлик $\left( \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, \text{ ёки } n \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$	Модда	Зичлик $\left( \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, \text{ ёки } n \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$
Алюминий	2,7	Никель	8,9
Бронза	8,7-8,9	Қалай	7,3
Вольфрам	19,34	Платина	21,6
Темир, пўлат	7,8	Қўрғошин	11,4
Олтин	19,3	Кумуш	10,5
Латун	8,7	Титан	4,5
Мис	8,9	Рух	7,18

**3-жадвал.** Моддаларнинг солиштирума иссиқлик сигими

Модда	$C, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$	Модда	$C, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$
Алюминий	920	Кум	880
Сув	4200	Платина	140
Ҳаво	1000	Симоб	130
Темир	460	Қўрғошин	140
Керосин	2100	Кумуш	250
Фишт	880	Спирт	2500

Модда	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$	Модда	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{°C}}$
Латун	380	Пўлат	500
Муз	2100	Шиша	840
Мис	380	Рух	380
Никель	460	Чўян	540
Қалай	250	Эфир	3340

**4-жадвал.** Солишишторма эриши иссиқлиги, эриши ҳарорати

Модда	$t, \text{°C}$	$\lambda, 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	Модда	$t, \text{°C}$	$\lambda, 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Алюминий	658	39	Қалай	232	5,9
Темир	1539	27	Платина	1774	11
Олтин	1063	6,7	Симоб	-39	1,0
Муз	0	34	Қўргоншин	327	2,5
Мис	1083	21	Кумуш	960	10
Нафталин	80	15	Рух	420	12

**5-жадвал.** Солишишторма буғланниши иссиқлиги ва моддаларнинг нормал атмосфера босимида қайнаш ҳарорати

Модда	$t, \text{°C}$	$L, 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	Модда	$t, \text{°C}$	$L, 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Сув	100	2,3	Спирт	78	0,9
Симоб	357	0,3	Эфир	35	0,4

**6-жадвал.** Ёқилгининг солишишторма ёниши иссиқлиги

Модда	$q, 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	Модда	$q, 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Бензин	46	Тошкўмир	30
Кўнгир кўмир	17	Керосин	46
Водород	120	Нефть	44
Дизель	42,7	Ўқ-дори (порох)	3,8
Ёғоч* (қайнин)	13	Табиий газ	44
Ёғоч* (карагай)	13	Спирт	27
Ёғоч кўмир	34	Торф	14

**7-жадвал.** Тўйинган буз босими ва зичлигининг ҳароратга боғлиқлиги

$t, \text{°C}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г}/\text{м}^3$	$t, \text{°C}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г}/\text{м}^3$	$t, \text{°C}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г}/\text{м}^3$
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

$t, ^\circ C$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г/м}^3$	$t, ^\circ C$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г/м}^3$	$t, ^\circ C$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г/м}^3$
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-жадвал.** Критик ҳарорат

Модда	Критик ҳарорат $t, ^\circ C$	Модда	Критик ҳарорат $t, ^\circ C$
Симоб	1700	Карбонат ангирид гази	31
Сув	374	Кислород	-118
Этил спирти	243	Азот	-146
Эфир	197	Водород	-240
Хлор	146	Гелий	-263

**9-жадвал.** Психрометрик жадвал

Қуруқ термометрнинг кўрсатиши $t, ^\circ C$	Қуруқ ва ҳўл термометрлар кўрсатишларининг фарқи $^\circ C$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Нисбий намлик, %									
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	

Қуруқ термометрнинг кўрсатиши $t$ , °C	Қуруқ ва ҳўл термометрлар кўрсатишларининг фарқи °C									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Нисбий намлик, %									
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
39	99	98	96	95	93	92	90	88	85	83
40	99	98	97	95	94	92	90	88	86	83

10-жадвал. 20 °C ҳароратда суюқликларнинг сирт таранглик коэффициенти

Модда	$\sigma, \frac{мН}{u}$	Модда	$\sigma, \frac{мН}{u}$
Сув	73	Сут	46
Бензин	21	Нефть	26
Глицерин	59	Симоб	487
Керосин	24	Спирт	22
Совун эритмаси	40	Сирка кислота	28

**11-жадвал.** Қаттық жисмларнинг механик хоссалари

Модда	Чўзилишнинг мустаҳкам- лик чегараси $\sigma_{бш}$ , МПа	Эластиклик модули $E$ , ГПа	Модда	Чўзилишнинг мустаҳкам- лик чегараси $\sigma_{бш}$ , МПа	Эластиклик модули $E$ , ГПа
Алюминий	100	70	Мрамор	140	70
Бетон	48	20	Қалай	20	50
Вольфрам	3000	415	Кўрғошин	15	16
Гранит	150	49	Кумуш	140	80
Олтин	140	79	Пўлат	500	200
Фишт	17	3	Шиша	90	50
Муз	1	10	Фарфор	650	150
Мис	400	120	Рух	150	80

**12-жадвал.** Муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги

Модда	Диэлектрик сингдирувчанлик	Модда	Диэлектрик сингдирувчанлик
Сув	81	Парафин	2,1
Керосин	2,1	Слюдя	6
Мой	2,5	Шиша	7

**13-жадвал.** Металлар ва қотишималарнинг солиши тирма қаршилиги

Модда	$\rho$ , Ом·м	Модда	$\rho$ , Ом·м
Алюминий	$2,7 \cdot 10^{-8}$	Нихром	$1,05 \cdot 10^{-6}$
Вольфрам	$5,3 \cdot 10^{-8}$	Қалай	$1,13 \cdot 10^{-7}$
Темир	$9,9 \cdot 10^{-8}$	Осмий	$9,5 \cdot 10^{-8}$
Олтин	$2,2 \cdot 10^{-8}$	Платина	$1,05 \cdot 10^{-7}$
Константан	$4,7 \cdot 10^{-8}$	Симоб	$9,54 \cdot 10^{-7}$
Латун	$6,3 \cdot 10^{-8}$	Кўрғошин	$2,07 \cdot 10^{-7}$
Магнанин	$3,9 \cdot 10^{-8}$	Кумуш	$1,58 \cdot 10^{-8}$
Мис	$1,68 \cdot 10^{-8}$	Фехрал	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Никелин	$4,2 \cdot 10^{-8}$	Рух	$5,95 \cdot 10^{-8}$
Никель	$7,3 \cdot 10^{-8}$	Чўян	$5 \cdot 10^{-7}$

**14-жадвал.** Қаршиликнинг ҳарорат коэффициенти

Модда	$\alpha$ , К <sup>-1</sup>	Модда	$\alpha$ , К <sup>-1</sup>
Вольфрам	$5 \cdot 10^{-3}$	Никелин	$10^{-4}$
Константан	$5 \cdot 10^{-6}$	Нихром	$2 \cdot 10^{-4}$
Магнанин	$8 \cdot 10^{-5}$	Фехрал	$2 \cdot 10^{-4}$

**15-жадвал.** Электрохимияний эквивалент

Модда	$k, \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$	Модда	$k, \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$
Алюминий	$9,32 \cdot 10^{-8}$	Натрий	$2,38 \cdot 10^{-7}$
Водород	$1,04 \cdot 10^{-8}$	Никель (икки валентли)	$3,04 \cdot 10^{-7}$
Олтин	$6,81 \cdot 10^{-7}$	Никель (уч валентли)	$2,03 \cdot 10^{-7}$
Калий	$4,05 \cdot 10^{-7}$	Симоб	$2,07 \cdot 10^{-6}$
Кальций	$2,08 \cdot 10^{-7}$	Құрғошин	$1,07 \cdot 10^{-6}$
Кислород	$8,29 \cdot 10^{-8}$	Кумуш	$1,12 \cdot 10^{-8}$
Магний	$1,26 \cdot 10^{-7}$	Хлор	$3,67 \cdot 10^{-7}$
Мис	$3,29 \cdot 10^{-7}$	Рух	$3,39 \cdot 10^{-7}$

**16-жадвал.** Парамагнетиклар ва диамагнетикларнинг магнит сингдируувчанлиги

Парамагнитик моддалар	$\mu$	Диамагнитик моддалар	$\mu$
Азот (газ ҳолатда)	1,000013	Водород (газ ҳолатда)	0,999937
Ҳаво (газ ҳолатда)	1,000038	Сув	0,999991
Кислород (газ ҳолатда)	1,000017	Шиша	0,999987
Кислород (сүюк)	1,0034	Рух	0,999991
Эбонит	1,000014	Кумуш	0,999981
Алюминий	1,000023	Олтин	0,999963
Вольфрам	1,000175	Мис	0,999912
Платина	1,000253	Висмут	0,999824

**Д.И. МЕНДЕЛЕЕВНИНГ КИМЁВИЙ ЭЛЭМЕНТЛАР ДАВРИЙ СИСТЕМАСИ**

## Фан күрсаткич

Абсолют қаттиқ жисм	59	Кирхгофнинг II қоидаси	260
Абсолют ноль	111	Клапейрон Б.	122
Авогадро қонуни	116	Клапейрон тенгламаси	123
Адиабатик жарайни	151	Клаузиус Р.	157
Аморф жисм	185	Конвекция	103
Ампер қонуни	322	Конденсатор	233
Ампер кучи	321	Контур	258
Анизотроплик	185	Координата	4, 20, 60
Араго Д.	312	Косинустар теоремаси	8
Ҳавонинг абсолют намлиги	172	Кулон қонуни	198
Барокамера	135	Лаплас П.	315
Бернулли Д.	86	Ленц қоидаси	353
Бернулли тенгламаси	86, 90–93	Лоренц Х.	329
Био-Савар-Лаплас қонуни	315	Лоренц кучи	328
Бойль-Мариотт қонуни	127	Магнит майдони	311
Больцман Л.	115	Магнит индукцияси	314
Больцман доимийси	115	Масса	45
Вебер В.	345	Массалар маркази	40, 42, 59, 60, 82
Вискозиметр	96	Менделеев – Клапейрон тенгламаси	121
Галилей	5, 11	Мениск	181
Гальваностегия	290	Солиштирма эриш иссиқлиги	143
Гаусс назарияси	205, 207, 208	Механика	4
Гей-Люссак қонуни	128	Моль	103
Генри Д.	358	Ньютонның I қонуни	35
Гигрометр	173	Ньютонның II қонуни	36, 37, 64, 66
Гирокоп	70	Ньютонның III қонуни	36
Гук қонуни	189	Майдон энергияси	236
Дальтон қонуни	125	Парамагнетиклар	333
Джоуль – Ленц қонуни	269	Плазма	298
Диамагнетиклар	334	Пирометр	110
Динамика	35	Психрометр	175
Диполь	225	Реактив двигатель	49
Диссоциация даражаси	287	Рекомбинация	287
Дизэлектриклар	224	Ротор	326
Друде – Лоренц назарияси	272	Рэлей Дж.	102
Иссиқлик ўтказувчанлик	143	Эластиклик	187
Иссиқлик сифими	143	Синуслар теоремаси	8
Идеал газ	112	Статика	35, 59
Инерция кучи	37	Стокс формуласи	96, 99
Карно Н.	156	Статор	326
Кельвин шкаласи	111	Сублимация	167
Кеплер қонуни	74, 76–78	Термистор	279
Кинематика	4, 11	Термогигрометр	175
Кинематика формуласи	13	Термодинамика	141
Кирхгофнинг I қоидаси	260	Термодинамик параметрлар	107

Термодинамик мувозанат	108	Эксцентриситет	75, 82
Термометр	108–109	Электр генератор	348, 363
Термоэлектрон эмиссия	108	Электр токи	242, 271, 278, 285, 293, 310
Ҳарорат	108	Электр индукция	241
Тепловизор	110	Электродинамика	195
Торричелли тенгламаси	91	Электр юритувчи куч	245, 310
Торап	253	Электр майдони	201
Фарад	231, 241	Электромагнит	
Фарадейнинг I қонуни	290–291	индукция	343, 344, 363
Фарадейнинг II қонуни	290–291	Электролиз	288, 289, 310
Фаренгейт шкаласи	111	Электролит	286, 310
Ферромагнетиктер	334, 336	Электролитик диссоциация	286
Фоторезистор	279, 310	Электрон-нур трубкаси	303, 310
Фуко Ж.	347	Электростатика	195, 241
Тезланиш	4, 7, 11, 29	Электр сигими	231
Цельсий шкаласи	110	Электрхимиявий	
Шарль қонуни	129	эквивалент	200, 291, 310
Штерн О.	100, 104, 105	Эрстед Х.К.	313
Шунт	254, 310		

## Машқарнинг жавоблари

**2-машқ.** 1.  $2,8 \pm 0,2$  В;  $2,80 \pm 0,1$  В

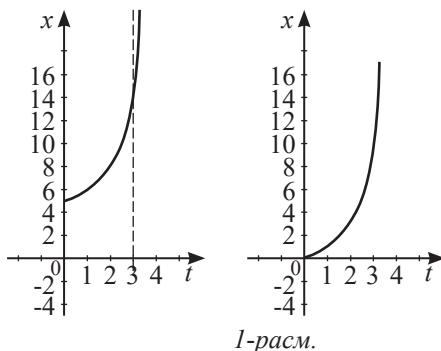
2.  $14,0 \pm 0,4$  Ом

**3-машқ.** 1.  $0,07$  м/с<sup>2</sup>. 2. 2 м/с. 3.  $-1$  м/с<sup>2</sup>.

4. 1) 2 м/с<sup>2</sup>; 0; 1 м/с<sup>2</sup>; -4 м/с<sup>2</sup>; 99 м;

99 м; 2)  $x_1 = 5 + t^2$ ;  $x_2 = -4 + 6t$ . 3) 1-расм.

5. 1,39 м.



**4-машқ.** 1.  $\approx 8,3$  м/с;  $\approx -8,3$  м/с; 2. 20 с.

3. 4 м/с. 4. 90 с, 81 м,  $\approx 115,6$  с.

5. а) 144 км/соат; б) 0; в) 102 км/соат.

**5-машқ.** 1.  $25$  м/с<sup>2</sup>. 2. 25 м/с;  $0,71$  м/с<sup>2</sup>.

3.  $-0,314$  рад/с<sup>2</sup>. 4. 5 с. 5.  $\approx 0,49$  м/с;

$\approx 0,015$  рад/с;  $\approx 0,007$  м/с<sup>2</sup>; 0.

**6-машқ.** 1.  $\approx 0,87$  м. 2. 19,8 м. 3.  $45^\circ$ . 4. 540 м. 5. 5,3 м/с.

**7-машқ.** 1. 2,5 Н. 2.  $-0,1$  м/с<sup>2</sup>; 10,1 м/с<sup>2</sup>.

3. 0,025. 4. 5,4 Н. 5. 90,4 Н.

**8-машқ.** 1.  $\approx 1497$  км; 2. Ой марказидан

$$6R_{\text{ж}}. 3. F = GMm \left( \frac{1}{L^2} - \frac{1}{2(2L - R^2)} \right).$$

4. 3200 км,  $\approx 2133$  км, 6400 км.

5. 4 марта, 9 марта, 16 марта.

6.  $\approx 9,14$  МДж/кг;  $\approx 12,2$  ГДж;

$$7. T = 2\pi \sqrt{\frac{R_3}{g}}$$

**9-машқ.** 1.  $2 \cdot 10^{-3}$  кг · м<sup>2</sup>; 7 рад/с.

2.  $4 \cdot 10^4$  Н · м. 3.  $\approx 10^{34}$  кг · м<sup>2</sup>;

$\approx 3,6 \cdot 10^{22}$  Дж. 4. 24 Дж.

5.  $4,08 \cdot 10^{-3}$  кг · м<sup>2</sup>;  $5,71 \cdot 10^{-3}$  кг · м<sup>2</sup>.

**10-машқ.** 1.  $0,8\pi$  кг · м<sup>2</sup>/с. 2. 2,512 Н · м.

3. 6 Н · м. 4. 2,8 м/с<sup>2</sup>; 14 Н; 12,6 Н.

5. 3 м/с<sup>2</sup>

**11-машқ.** 1. 120 кг. 2. оғир юкли учидан 0,1 м масофада. 3. пўлат ўзак учидан 11,4 см масофада. 4. 0,96 м. 5. 1,34 м;  $x_c = -R/6$ .

**12-машқ.** 1. 1) турғун мувозанат; 2) бефарқ мувозанат; 3) 4) турғунмас мувозанат; 5) турғун мувозанат; 6) турғунмас; 7) бефарқ мувозанат. 2. Фұла потенциал энергияси минимал холатга келади. 3. Аввал сирпана бошлайды.

**13-машқ.** 1. 10 м/с. 2. 1470 м. 3. 5 м/с, 10 м/с. 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.  $\approx 11,2$  км/с.

**14-машқ.** 1.  $8,8$  м/с 2.  $\approx 1,55$  мН, 1032 Па. 3.  $\approx 8,9$  м/с,  $\approx 5,3$  Н.

**15-машқ.** 1.  $4,5$  м/с. 2.  $4,33$  м/с. 3.  $\approx 2,3$  л.

$$4. v = \sqrt{\frac{8Fd^4}{\pi\rho D^2(D^4 - d^4)}}.$$

**16-машқ.** 1.  $0,84$  см<sup>2</sup>. 2. 0,28 м. 3. 1,38 м<sup>3</sup>.

4. 3 есе. 5.  $\approx 4,1$  м/с. 6. 2 Па с

**17-машқ.** 1. Неон,  $\approx 2 \cdot 10^{-2}$  кг/молъ. 2. 316 моль. 3.  $4,18 \cdot 10^{-9}$  м. 4.  $10^5$  моль. 5. 201 м/с.

**18-машқ.** 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-машқ.** 1.  $\approx 106,7$  кПа. 2.  $16 \cdot 10^{-3}$  кг/молъ. 3.  $2 \cdot 10^6$  Па,  $4 \cdot 10^{-3}$  кг/молъ. 4. 500 К. 5.  $2,4 \cdot 10^{25}$  м<sup>3</sup>.

**20-машқ.** 1. 286,4 К. 2. 1,2 моль.

3.  $1,2$  кг/м<sup>3</sup>. 4.  $9,03 \cdot 10^{25}$ . 5. 100 кПа. 6. 1,7 марта.

**21-машқ.** 1. 0,7 МПа. 2. 225 К. 3. 70 К.

4. 2,5. 5. 3. 6. 346 К

**22-машқ.** 1. 15,58 кДж-га камаяди.

2. 18,7 кДж. 3. Йўқ, 900 Дж. 4. 5.

5. 245,3 Дж/кг · К.

**23-машқ.** 1. 3,3 МДж; 6,1 МДж. 2. 6%.

3. 373,95 кДж. 4.  $0,49$  м<sup>3</sup>. 4. 3 кДж.

5.  $-400$  Дж.

**24-машқ.** 1. 20 Дж, 20%. 2.  $10^2$  кДж.

3.  $\eta = 9,3\%$ . 4. 38,7%; 2,7. 5. 27%; 274 кДж

**25-машқ.** 1.  $82,8$  г/м<sup>3</sup> 2. 2400 Па, тўйинмаган. 3.  $53,6$  г/м<sup>3</sup>. 4. 50%. 5. 35%.

**26-машқ.** 1.  $1,6 \cdot 10^{-3}$  Н, мой томонга.

2. 78 мН/м. 3. 1,6 мДж. 4. 7 мм.

5. 22 Н/м.

**27-машқ.** 1. 1,9 кН. 2.  $3,6 \cdot 10^5$  Па.

**3.**  $F \geq 2,2 \cdot 10^2 \text{Н}$ ;  $\varepsilon \geq 10^{-3}$ . **4.**  $4 \cdot 10^7 \text{Па}$ ,  $2 \cdot 10^{11} \text{Па}$ . **5.**  $2 \cdot 10^{-5} \text{м}^2$ ;  $2,4 \cdot 10^7 \text{Па}$ , чидайды.

**28-машқ.** **1.** 540 мкН. **2.**  $\approx 10^{-8} \text{Кл}$ .

**3.** -5 мкКл; -5 мкКл; 22,5 Н. **4.** Шарнинг остида  $2,8 \cdot 10^{-8} \text{Кл}$ , шарнинг устида  $-2,8 \cdot 10^{-8} \text{Кл}$ . **5.** 1,3 г.

**29-машқ.** **1.**  $1,76 \cdot 10^{12} \text{м/с}^2$ . **2.** а) 576 кВ/м, 432 кВ/м. **3.**  $3^\circ$ -га камаяди. **4.**  $4 \cdot 10^{-6}$  В/м,  $\approx 1,8 \cdot 10^{-15} \text{Кл}$ . **5.**  $1,2 \cdot 10^4 \text{В/м}$ .

**30-машқ.** **1.**  $-9 \text{ нКл}$ . **2.**  $E_A = 0$ ,

$$E_B = k \frac{\sigma \cdot 4\pi r^2}{R_B^2}, E_C = k \frac{\sigma \cdot 4\pi (r^2 + R^2)}{R_C^2}.$$

**3.**  $r < R$  бўлганда  $E(r) = 0$ .  $R < r < R_1$

$$\text{бўлганда } E(r) = k \frac{\sigma \cdot 4\pi R^2}{r^2}.$$

$R_1 < r < R_2$  бўлганда  $E(r) = 0$ .  $R_2 < r$

$$\text{бўлганда } E(r) = k \frac{\sigma \cdot 4\pi R^2}{r^2}. \quad \mathbf{4.} \quad 0 < r < d$$

$$\text{бўлганда } E(x) = \frac{\sigma}{\varepsilon_a}$$

**5.**  $-1,77 \cdot 10^{-7} \text{Кл/м}^2$ . **6.**  $1,73 \cdot 10^{-6} \text{Кл/м}^2$ .

**31-машқ.** **1.**  $\approx 1,8 \cdot 10^{-6} \text{Дж}$ .

$$\mathbf{2.} \quad A = \frac{aq}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \left[ \frac{q_1}{(d+l)(d+l+a)} + \frac{q_1}{l(l+a)} \right]$$

**3.**  $\approx 1,73 \cdot 10^{-19} \text{Кл}$ . **4.** 25 В.

**5.**  $\approx 1,13 \cdot 10^{-4} \text{Дж}$

**32-машқ.** **1.** 50 кВ/м. **2.**  $\approx 4 \cdot 10^{42}$ .

**3.**  $3 \cdot 10^{-5} \text{Дж}$ ,  $-3 \cdot 10^{-5} \text{Дж}$ , 6000 В.  
**4.**  $-0,126 \text{ мкДж}$ .

**33-машқ.** **1.**  $-4 \text{ нКл}$ ,  $4 \text{ нКл}$ ,  $E = 0$ .

$$\mathbf{2.} \quad \Delta F = \frac{2kq_1^2(2r_1 - 3l)r_1}{l^2(3l - 4r_1)^2}. \quad \mathbf{3.} \quad 3,56 \text{ Н};$$

$0,14 \text{ м}$ . **4.** 0,27 м. **5.** 8,84 мН.

**34-машқ.** **1.**  $5 \cdot 10^{-9} \text{Кл}$ . **2.** 100 В. **3.** 6 мкФ,

$3 \text{ мкФ}$ . **4.** 165 В, 55 В. **5.**  $3,2 \cdot 10^{-5} \text{Кл}$ .

**35-машқ.** **1.** 0,625 мкДж **2.**  $10^8 \text{Кл}$ ,

$5 \cdot 10^{-6} \text{Дж}$ . **3.** 2 ессе; **4.**  $\approx 220 \text{ мкДж}$

**5.** 97 мДж/м<sup>3</sup> **6.** 0,25 Дж, 500 В, 0.

**36-машқ.** **1.** 0,17 А; 6 мин. **2.**  $10^9 \text{А/м}^2$ ;

$5 \cdot 10^5 \text{А/м}^2$ . **3.**  $5 \cdot 10^{-4} \text{Ом}\cdot\text{м}$ . **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-машқ.** **1.** 0,3 А. **2.** 0,1 А. **3.** 9,7 В.

**4.**  $\approx 0,1 \text{ Ом}$  **5.** 2 А

**38-машқ.** **1.** 0,5 А; 3,5 В. **2.** 3,5 А. **3.** 0,47

**4.** 4 В. **5.** 5,12 А; **6.** 6,14 В; **7.** 0,2 А;  
180 Дж; 168 Дж; 12 Дж.

**39-машқ.** **1.** 13,5 Ом; **2.** 6,7 Ом. **3.** 0,25 Ом.

**4.** 1,4 А. **5.** 0,06 А.

**40-машқ.** **1.**  $\approx 1680 \text{ Дж}$ . **2.** 3,18 мин.

**3.**  $\approx 1,22 \text{ марта ортади}$ . **4.** 24,2 Ом.

**5.** 20 мин; 3,75 мин. **6.** 4, кетма-кет.

**7.** 60%

**41-машқ.** **1.**  $5,7 \cdot 10^{-11} \text{кг}\cdot\text{м/с}$ . **2.** 0,82 мм/с.

**3.** 0,42 В/м. **4.**  $\approx 12,5$ . **5.** 0,0045 К<sup>-1</sup>.

**6.** 7,9%-га камаяди.

**42-машқ.** **1.**  $6,7 \cdot 10^{-10}$ . **2.**  $2,3 \cdot 10^{-7} \%$ .

**3.**  $9,6 \cdot 10^{-5} \%$ . **4.** 3 марта камаяди.

**5.** 10 марта.

**43-машқ.** **1.** 53,5 мг. **2.**  $2,35 \cdot 10^{21}$ .

**3.** 4,1 кг. **4.**  $5,68 \cdot 10^{17}$ . **5.** 10 мин;

4,6 мкм.

**44-машқ.** **1.** 4,15 В. **2.** 80 нА. **3.** 3 мВ/м,

**4.** 4 нс. **5.** 3,2 кВ

**45-машқ.** **1.** Брускларни Т ҳарфи

шаклида кўйилса, агар учи бошқа брускка қаратилган бруск магнитланган бўлса, улар бир-бирига тортилади.

Тескари холда таъсирилашиш кузатилмайди. **2.**  $4 \cdot 10^{-5} \text{Тл}$ . **3.**  $\approx 1,67 \cdot 10^{-4} \text{Тл}$ .

**4.**  $\approx 12 \text{ А}$ .

**46-машқ.** **1.** 0. **2.** 98 А. **3.**  $F_1 = 0,148 \text{ Н}$ ;

$F_2 = 0,048 \text{ Н}$ . **4.** 250 кА. **5.**  $\approx 277 \text{ мН}\cdot\text{м}$ .

**47-машқ.** **1.**  $2 \cdot 10^{-8} \text{Н}$ . **2.**  $1,6 \cdot 10^{-15} \text{Н}$ ; 0,569

мм. **3.**  $2,8 \cdot 10^4 \text{с}^{-1}$ . **4.**  $5 \cdot 10^{-17} \text{Дж}$ . **5.**

$1,04 \cdot 10^6 \text{м/с}$

**48-машқ.** **1.** 2000, 1000. **2.** 1,75-га ортади.

**3.** 0.

**49-машқ.** **1.** 5 м. **2.** -1,36 мВб; 0.

**50-машқ.** **1.** -0,25 Вб/с. **2.**  $3,14 \cdot 10^{-6} \text{Кл}$ .

**3.** 10 В. **4.** а) D-дан С-гача б) С-дан

D-гача в) D-дан С-гача г) С-дан D-гача.

**5.** 4 В

**51-машқ.** **1.** 16 Вб. **2.** 0,04 В. **3.**  $1,5 \cdot 10^4 \text{Вб}$ .

**4.** 1,75 Ом. **5.** 0,1 Вб.

## **Фойдаланилган адабиётлар**

1. Жалпы орта білім беру деңгейінің жаратылыстану-математикалық бағытындағы 10-11-сыныптарды 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 с английского Ахматова А.С. и др. – Москва: Наука, 1965.
9. Л.Эллиот, У.Уилкокс Физика. Перевод с 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 с 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., Щодиков 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. Тренировочные задания: в 2 ч.– Томск. Том.политехн. ун-т, 2006.–ч.1.–170 с
29. Физический практикум для классов с 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. Гельффер Я.М. Законы сохранения.–М.: «Наука», 1967.
36. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Теоретическая физика. Механика.–М.: «Наука», 1988.

# Мундарижа

Кириш сўзи .....	4
<b>1 БЎЛИМ. МЕХАНИКА .....</b>	<b>5</b>
<b>1-БОБ. Кинематика .....</b>	<b>5</b>
1§. Физиканинг ҳозирги замондаги роли .....	6
2§. Физик катталикларнинг хатоликлари. Ўлчаш натижасини қайта ишлаш .....	10
3§. Текис тезланувчан ҳаракатланадиган жисм кинематикасининг асосий тушунчалари ва тенгламалари .....	15
4§. Инвариант ва нисбий физик катталиклар. Галилейнинг нисбийлик принципи .....	21
5§. Эгри чизиқли ҳаракат кинематикаси .....	26
6§. Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракати .....	31
<b>2-БОБ. Динамика .....</b>	<b>37</b>
7§. Кучлар. Кучларни қўшиш. Ньютон қонунлари .....	38
8§. Бутун олам тортишиш қонуни .....	44
9§. Абсолют қаттиқ жисмнинг инерция моменти .....	49
10§. Импульс моменти. Импульс моментининг сақланиш қонуни ва унинг фазо хусусиятларига боғлиқлиги. Айланма ҳаракат динамикасининг асосий тенгламалари .....	54
<b>3-БОБ. Статика .....</b>	<b>61</b>
11§. Массалар маркази .....	62
12§. Мувозанат турлари .....	69
<b>4-БОБ. Сақланиш қонунлари .....</b>	<b>75</b>
13§. Импульснинг ва механик энергиянинг сақланиш қонунлари, уларнинг фазо ва вақт ҳоссалари билан боғланиши .....	76
<b>5-БОБ. Суюқликлар ва газларнинг механикаси .....</b>	<b>83</b>
14§. Гидродинамика. Суюқлик ва газларнинг ламинар ва турбулент оқими .....	84
15§. Узлуксизлик тенгламаси. Бернулли тенгламаси. Кўтарувчи куч .....	88
16§. Ёпишқоқ суюқлик оқими. Стокс формуласи. Жисмларни ўраб оқиши .....	93
<b>2 БЎЛИМ. ИССИҚЛИК ФИЗИКАСИ .....</b>	<b>99</b>
<b>6-БОБ. Молекуляр-кинетик назария асослари .....</b>	<b>99</b>
17§. МКН асосий қоидалари ва уларнинг экспериментал исботлари .....	100
18§. Термодинамик системалар ва термодинамик параметрлар. Термодинамик системаларнинг мувозанат ва номувозанат ҳолатлари. Ҳарорат модда зарраларининг иссиқлик ҳаракатининг ўртача кинетик энергиясининг ўлчови сифатида .....	105
19§. Идеал газ. Газларнинг молекуляр-кинетик назариясининг асосий тенгламаси .....	111
<b>7-БОБ. Газ қонунлари .....</b>	<b>119</b>
20§. Идеал газ ҳолатининг тенгламаси .....	120
21§. Изожараёнлар. Изожараёнларнинг графиклари. Дальтон қонуни .....	124
<b>8-БОБ. Термодинамика асослари .....</b>	<b>131</b>
22§. Идеал газнинг ички энергияси. Термодинамик иш. Иссиқлик микдори, иссиқлик сифими .....	132

23§. Термодинамиканинг биринчи қонуни.	
Термодинамиканинг биринчи қонунини изожараёнларга қўллаш.	
Адиабатик жараён, Пуассон тенгламаси.....	137
24§. Қайтар ва қайтмас жараёнлар. Энтропия.	
Термодинамиканинг иккинчи қонуни.	
Айланма жараён ва унинг фойдали иш коэффициенти, Карно цикли .....	142
<b>9-БОБ. Суюқ ва қаттиқ жисмлар.....</b>	149
25§. Тўйинган ва тўйинмаган буғлар, ҳавонинг намлиги.	
Фазавий диаграммалар, учланма нуқта, модданинг критик ҳолати.....	150
26§. Суюқлик сирт қатламининг хоссалари.	
Ҳўллаш, капилляр ходисалар.....	157
27§. Кристалл ва аморф жисмлар.	
Қаттиқ жисмларнинг механик хоссалари .....	162
<b>3 БЎЛИМ. ЭЛЕКТР ВА МАГНЕТИЗМ.....</b>	169
<b>10-БОБ. Электростатика .....</b>	169
28§. Электр заряди. Заряднинг сирт ва ҳажмий зичлиги.	
Заряднинг сақланиш қонуни. Кулон қонуни .....	170
29§. Электр майдони. Бир жинсли ва бир жинсли эмас электр майдони.	
Электр майдонларининг суперпозиция принципи.....	176
30§. Электр майдонининг кучланганлик векторининг оқими. Гаусс теоремаси.....	181
31§. Зарядни кўчиришда электр майдонининг иши.	
Электр майдонининг потенциал ва потенциаллар айирмаси .....	186
32§. Эквипотенциал сиртлар. Бир жинсли электр майдони учун потенциаллар айирмаси ва кучланганлик орасидаги боғланиш.....	191
33§. Электр майдонидаги ўтказгичлар ва диэлектриклар.....	195
34§. Электр сигими. Конденсаторлар. Конденсаторларни улаш.....	200
35§. Электр майдонининг энергияси.....	205
<b>11-БОБ. Ўзгармас ток.....</b>	211
36§. Электр токи. Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни.	
Ўтказгичларни аралаш улаш.....	212
37§. Ток манбайнинг электр юритувчи кучи ва ички қаршилик .....	216
38§. Тўлиқ занжир учун Ом қонуни.....	220
39§. Кирхгоф қонулари.....	224
40§. Электр токининг иши в куввати. Джоуль-Ленц қонуни.	
Ток манбайнинг фойдали иш коэффициенти .....	229
<b>12-БОБ. Турли муҳитдаги электр токи.....</b>	235
41§. Металлардаги электр токи. Ўта ўтказувчанлик .....	236
42§. Ярим ўтказгичлардаги электр токи.	
Ярим ўтказгич асбоблар .....	241
43§. Электролитлар эритмаларидағи электр токи.	
Электролиз қонунлари .....	247
44§. Газдардаги электр токи. Вакуумдаги электр токи.	
Электрон-нур трубкаси.....	252
<b>13-БОБ. Магнит майдони .....</b>	261
45§. Токнинг ўтказгич билан таъсирлашиши, Ампер ва Эрстед тажрибалари.	
Магнит индукция вектори. Токли чексиз тўғри ва доиравий ўтказгичнинг магнит майдон индукцияси. Парма қоидаси.....	262
46§. Ампер кучи. Чап қўл қоидаси .....	269

47§. Лоренц кучи. Магнит майдонида зарядланган зарраларнинг ҳаракати.....	275
48§. Моддаларнинг магнит хоссалари. Кюри ҳарорати .....	282
<b>14-БОБ. Электромагнит индукция</b> .....	289
49§. Электромагнит индукция ҳодисаси. Магнит оқими.	
Ампер кучининг иши .....	290
50§. Электромагнит индукция қонуни. Ленц коидаси .....	295
51§. Ўзиндукция ҳодисаси. Индуктивлик. Магнит майдонининг энергияси .....	301
52§. 52§. Электр двигатель ва ўзгармас ток электр генератори.....	306
<b>Иловалар. Лаборатория ишлари ва жадваллар</b> .....	311
1-илова. Лаборатория ишлари .....	312
№1 лаборатория иши.	
Қия нов бўйлаб ҳаракатланадиган жисмнинг тезланишини аниқлаш .....	312
№ 2 лаборатория иши.	
Жисмнинг учиш масофасини отиш бурчагига боғлиқлигини ўрганиш .....	313
№ 3 лаборатория иши.	
Қия нов бўйлаб думалайдиган жисмнинг ҳаракатини ўрганиш .....	314
№ 4. лаборатория иши.	
Бир-бирига бурчак остида йўналган кучларни қўшиш.....	316
№5 лаборатория иши.	
Қовушқоқ суюқлиқда ҳаракатланадиган кичик шар тезлигининг унинг радиусига боғлиқлигини ўрганиш.....	317
№6 лаборатория иши.	
Ўтказгичларни аралаш улашни ўрганиш .....	318
№7 лаборатория иши.	
Ток манбанинг электр юритувчи кучи ва ички қаршилигини аниқлаш .....	320
№8 лаборатория иши.	
Лампа толасининг, резисторнинг, ярим ўтказгич диоднинг вольт-ампер характеристикаси.....	321
№9 лаборатория иши.	
Бир валентли ионнинг электр зарядини аниқлаш .....	323
2-илова. Физик шамалар жадвали.....	325
Фан кўрсаткич .....	332
Машқларнинг жавоблари .....	334
Фойдаланилган адабиётлар .....	336

*Оқу басылымы*

**Назифа Анваровна Закирова  
Руслан Рауфович Аширов**

# **ФИЗИКА**

Жалпы білім беретін мектептің 10-сыныбының  
жаратылыстару-математикалық бағытына арналған оқулық

(өзбек тіліндегі)

<b>Суретші-безендірушілер</b>	О.Подопригова
<b>Бас редакторы</b>	К.Караева
<b>Әдіскер-редакторы</b>	Т.Базарханова
<b>Редакторы</b>	Ж.Кулдарова
<b>Көркемдеуші редакторы</b>	Е.Мельникова
<b>Мұқабаның дизайны</b>	О. Подопригова
<b>Беттегендер</b>	Л.Костина, Т.Макарова, С.Сулейменова, Г.Илишева
<b>Мәтінін өзбек тіліне аударған</b>	М.Эгамкулов
<b>Өзбек тіліндегі мәтінін беттеген</b>	Г.Өтенова

**«Арман-ПВ»**

Алматы қ., Ақсай-1А м/а, 28Б үй.

Тел.: 8 (727) 316-06-30, 316-06-31. E-mail: info@arman-pv.kz

**«Жазушы» баспасы**

050009, Алматы қ., Абай даңғылы, 143,

тел. (727) 394 41 55; факс: (727) 394 41 64.

e-mail: zhazushi@mail.ru

ИБ №7439

Басуға 16.09.2019 ж. қол қойылды. Пішімі  $70 \times 100 \frac{1}{16}$ .  
Қағазы офсеттік. Қаріп түрі «Times New Roman». Офсеттік басылыс.

Баспа табағы 21,5. Шартты баспа табағы 27,95.

Таралымы 2500 дана. Тапсырыс №

ISBN 978-601-200-673-5



9 786012006735

