

Н.А. Закирова  
Р.Р. Аширов

# ФИЗИКА

Умумтаълим мактабларининг  
ижтимоий-гуманитар 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 нашрга “Жазушы” нашриёти тайёрлاغан*

Закирова Н.А., Аширов Р.Р.

**3-16 Физика:** Умумтаълим мактабларининг ижтимоий-гуманитар йўналишидаги 10-синфлари учун дарслер / Н.А. Закирова, Р.Р. Аширов. – Нўр-Сўлтан: «Арман-ПВ» баспасы – Алматы: «Жазушы» баспасы, 2019. – 240 б.

ISBN 978-601-200-672-8

«Физика» дарслиги умум таълим мактабларининг ижтимоий-гуманитар йўналишидаги 10 синфи учун янгиланган мазмундаги намунали ўкув дастурларига мос келади. Материалларни баён этишда таълимнинг илмий тамойиллари ва ўкувчиларнинг ёш хусусиятлари хисобга олинган.

ӘОЖ 373.167.1  
КБЖ 22.3 я 72

ISBN 978-601-200-672-8

© Закирова Н.А., Аширов Р.Р., 2019

© «Арман-ПВ» баспасы, 2019

Барча хукуқлари ҳимояланган.

Босмахона рухсатисиз кўчириб  
босиб чиқаришга бўлмайди.

Өзбек тіліне «Жазушы» баспасында  
аударылды, 2019

# Шартли белгилар

## Таърифлар

### Назорат саволлари

Назарий материаллар бўйича ўз-ўзини тешериш учун саволлар



#### Машқ

1

Синфда бажариладиган машқлар

### Экспериментал топшириқлар

Тадқиқот ишлари учун вазифалар

### Ижодий топшириқлар

Ижодий даражадаги топшириқлар



#### Жавоби қандай?

Физикавий ҳодисаларнинг моҳиятининг тушуниришини талаб қиласидиган саволлар



#### Муҳим маълумот

Мавзуни чуқурроқ тушуниш учун керакли маълумотлар



#### Топшириқ

Синфда бажариладиган топшириқлар



#### Эсингизга туширинг!

Ўтилган материални тақоролашга доир топшириқлар



#### Ўз тажрибангиз

Синфда бажариладиган эксперимент топшириқлар



#### Эътибор беринг!

Машқни бажариш вақтида қийинчилик келтирадиган ўқув материали



#### Бу қизиқ!

Мавзуга оид қўшимча маълумотлар



#### Эсда сақланг!

Ёдда сақлаш

## Кириш

Үйкүвчилар, физика фани – табиат ҳақидаги ниҳоятда қизиқарлы фанлардан бири, уларни әгаллаш кундалик турмушда ҳар бир одам учун зарур. Физика – одамнинг табиатдаги ўрни ҳамда ролини тушуниш имкониятини берадиган фан соҳаси.

Гуманитар-мутахассислар ўз тажрибаси ишбилармонлигига англашни табиат-шунослик-илмий методлардан фойдалана олиши – замон талаби. Тавсия этилаётган мазкур дарсликнинг асосий хусусияти табиат ҳодисаларни очища оңгнинг илмий методларидан фойдалана олишдадир. Шунингдек бир қатор қонунлар, ҳодисалар, назариялар гуманитар соҳадаги мутахассисларнинг атрофдаги технология оламида эркин хизмат қилишлари учун зарур.

Дарсликнинг мазмуни, бўлажак тил мутахассислари ва тарихчиларни физика фанига қизиктирган ҳолда тузилганига қарамасдан, асосий максад ўкув дастурида кўрсатилган асосий материалларни әгаллашдан узоқлашмайди.

Атрофимизда содир бўлаётган жараёнларни таҳлил қилиш учун имкон берувчи лаборатория иши назоратларига, демонстрацион тажрибаларга ҳамда сифатли ҳисоблашларни ҳал этишга алоҳида эътибор қаратилган.

Ижодий топширикларни бажариш жараёнида бир қанча ўнлаган ёки юзлаган йиллар давомида қандай физик янгиликлар кашф этилди, бу мамлакатларнинг тарихий шароити қандай эди, олимлар қаерда ижод қилди, қандай атоқли ёзувчилар, шоирлар, бастакорлар, рассомлар ва сиёсий арбоблар фаолият кўрсатганига эътибор қаратинг. Шу ҳолда «давр қиёфасини» акс эттириш мумкин. Бу каби иш қизиқарлидир, чунки бундай «дунёнинг тарихий-физик қиёфаси» пайдо бўлади.

Ўкув йили давомида бажариладиган онгли илмий методларга асосланган ишларнинг натижасида курс сўнггида курс ишини ҳимоя қилиш тавсия этилади. Материалларни таҳлил қилиш, уни солиштирмали таҳлил қилиш натижасида фикрлаш ва презентациялаш сиздан кўп вақт талаб этади. Бундай ишлар натижасида муаллифлик жамоасини шакллантириш ҳам мумкин.

Сизларга физикани – биз яшаётган дунёни тадқиқ этишда муваффақиятлар тилаймиз!

*Муаллифлар*

**Механика** мηχανική – қадимги грек тилидан таржимаси машиналар түри-сидаги фан, механизмларни қуриш ҳақидағы таълимомт deoған маңынди билдиради. Физиканинг бўлими сифатида маъноси анча кенг.

**Механика – моддий жисмларнинг механик ҳаракати ва уларнинг ўза-ро таъсирү ҳақидағы фан.**

Бу бобда механиканинг кинематика, динамика, статика, сақланиш қонунлари, аэродинамика ва гидродинамика бўлимлардаги бир қатор масалаларни қамраб олади.

## 1-БОБ

# КИНЕМАТИКА

Кинематика (қадимги грек тилида **κίνειν**) – жисмларнинг ҳаракат қонунларини уларнинг массаси билан жисмга таъсир этадиган күчларни ҳисобга олмай аниқлайдиган механиканинг бўлими. Кинематика нуқта кинематикаси, қаттиқ жисм кинематикаси ва ҳар доим ўзгарадиган муҳитлар – деформацияланадиган қаттиқ жисм, суюқ ва газ кинематикаси бўлимларига бўлинади. Кинематикада ҳаракатни тавсифлаш, уларни қандайдир бир белгилари бўйича турларга бўлиш олиб борилади.

### Бўлимни ўқиш орқали сизлар:

- масалаларни ечиш вақтида кинематика тенгламасини қўллашни ва ҳаракат графикларига тахлил қилишни;
- кўчиш ва тезликни қўшишнинг классик қонунига кундалик ҳаётдан мисоллар келтиришни;
- эгри чизиқли ҳаракатни характерлайдиган катталикларни аниқлашни ўрганасизлар.

## 1§. Жисм ҳаракати кинематикасининг асосий тушунчалари ва тенгламалари

### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштирганда:

- Масалалар чиқариш вақтида кинематик менгламаларни фойдалана оласизлар ва ҳаракат графикларини таҳлил қила оласизлар.

### Жавоби қандай?

Кинематикада жисмнинг ҳаракатини ўрганишда нима учун кўчиши тезлиги билан бирга чизиқли тезлик қўлланилади?

### I Кинематиканинг асосий мақсади

Кинематикада жисмнинг ҳаракатини тавсифлаш учун маҳсус тушунчалар қўлланилади: тезланиш, кўчиш тезлиги, чизиқли тезлик, кўчиш, йўл, жисмнинг координатаси, вақт. Жисмнинг ўрнини аниқлаш учун координата системаси, траектория, ҳаракатнинг нисбийлиги, механик ҳаракат, саноқ системаси, саноқ жисми каби физик тушунчалардан фойдаланамиз. Жисмларнинг ҳаракати ҳар турли бўлади: траектория тўғри чизиқли ёки траектория эгри чизиқли, бир жисмнинг ҳаракат тезлиги ўзгармас, бошкасини ўзгарувчан бўлиши мумкин.

**Кинематиканинг асосий вазифаси – моддий нуқталарнинг ёки жисмларнинг ҳаракат қонунларини ўрганиш ва ҳаракатни характерловчи кинематик катталикларни аниқлаш.**

### II Масалаларни ечишда координата усули

Тезланиш, тезлик, кўчиш – вектор катталиклар. Кинематиканинг масалаларини координата усули билан ечиш учун вектор катталикларни скаляр катталикларга алмаштириш керак. Бизга 9-синфнинг физика курсидан вектор катталиклар нисбати билан уларнинг проекциялари нисбатининг бир-биридан фарқ йўқ эканлиги маълум.

Масалан, вектор шаклидаги тезланишни ҳисоблаш формуласини  $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$  проекциялари орқали ёзишга бўлади:  $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{\Delta t}$ , тенглик ўзгармайди. Векторларнинг проекциялари – скаляр катталиклар, демак, уларни оддий сонлар каби қўшишга, айришга, кўпайтиришга ва бўлишга бўлади.

Масалаларни координата усули билан ечиш қўйидаги навбат билан боради: координата ўқлари танлаб олинади, берилган векторнинг проекцияси топилади, номаълум вектор катталикларнинг олинган ўқдаги проекциялари аниқланади.

Координата ўқидаги векторнинг проекцияси маълум бўлса, унинг модулини аниқлашга бўлади. Масалан, тезланиш вектори  $0x$  ўқига параллель бўлса, унда унинг модули ўша ўқка проекциясига teng бўлади (*I a*-расм)

$$a = a_x$$

Кўриб чиқилган векторнинг  $0x$  ва  $0y$  ўқларига проекциялари берилган бўлса, (*I b*-расм) унинг модули Пифагор теоремаси бўйича аниқланади:

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



**1-расм.** Векторнинг танланган ўқдаги проекциялари

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

1-жадвалда жисмнинг тўғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракатини харектерлайдиган катталикларни хисоблаш формулалари кўрсатилган: тезланиш  $a_x$ , кўчиш тезлиги  $v_x$ , кўчиш  $s_x$  ва жисмнинг координаталари  $x$ . Жисмларнинг эркин тушиши тўғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракатнинг кўринишларидан бири бўлиб хисобланади, бу ҳолда жисм

$$g = 9,8 \frac{m}{s^2}$$

**1-жадвал.** Кинематика формулалари



**Жавоби қандай?**

Нимага ўртача тезлик факат йўлнинг маълум бир бўлагига тегишили?

Физик катталиклар	Ҳаракат түрлари	
	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	$v_{\bar{y}pm} = \frac{v_0 + v}{2}$	$v_{\bar{y}pm} = \frac{v_0 + v}{2}$
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 координаталари	$x(t) = x_0 + v_{ox}t + \frac{a_x t^2}{2}$	$y(t) = y_0 + v_{oy}t + \frac{g_y t^2}{2}$

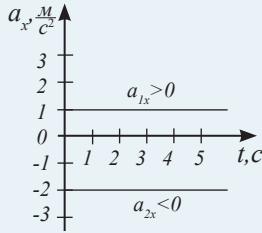
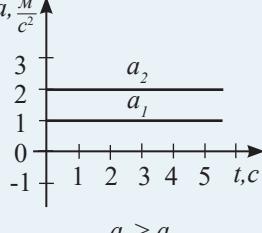
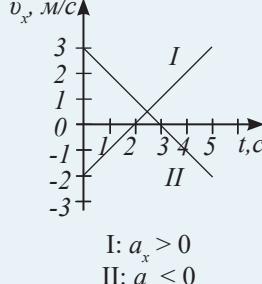
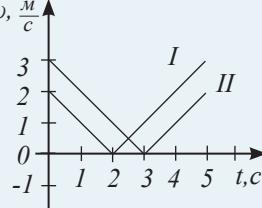
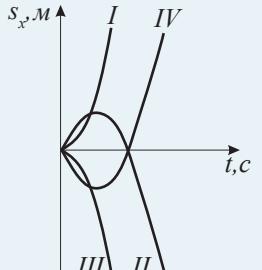
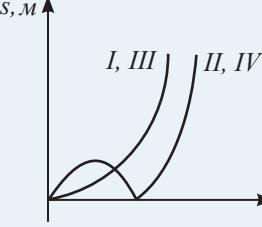
Жисм координатасининг ҳаракат вақтига боғлиқлик тенгламаси ҳаракат қонуни деб аталади.  $a = 0$  эканини эътиборга олиб, текис тўғри чизиқли ҳаракат формулаларини текис тезланувчан ҳаракат формулаларидан олишга бўлади.

#### IV Түғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракатни характерлайдиган катталикларнинг вақтга боғлиқлик графиклари

Физикавий катталикларнинг боғлиқлик графикларини чизишда математик усуллар қўлланилади. Катталикларнинг чизиқли боғлиқлигининг графикини чизиш учун икки нуқта етарли. Квадратик боғлиқлик графикни парабола, у ҳисоблашни ва кўп нуқталарни белгилашни талаб этади (2-жадвал).

Катталикларнинг модуллари манфий қийматда бўлмайди, катталик модулининг боғлиқлик графикиги проекциянинг боғлиқлик графикининг вақт ўқига нисбатан шиша (ойна) дан тасвир олинади. Тезликнинг вақтга боғлиқлик графикиги юзаси жисмнинг кўчишига тенг эканлигини исботлаш қийинчилик туғдирмайди.

**2-жадвал.** Кинематик катталикларнинг вақтга боғлиқлик графиклари

Физик катталик	Вақтга боғлиқлик тенгламаси, боғлиқлик тури	Катталик проекциясининг вақтга боғлиқлик графикиги	Катталик модулининг вақтга боғлиқлик графикиги
Тезланиш	$a_x = \text{const}$ Тезланиш вақтга боғлиқ эмас		
Тезлик	$v_x = v_{0x} + a_x t$ Тезлик вақтга түғри пропорционал равища боғлиқ	 I: $a_x > 0$ II: $a_x < 0$	
Кўчиш	$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ Кўчишнинг вақтга боғлиқлиги квадратик функцияни беради	 I: $v_{0x} > 0, a_x > 0$ II: $v_{0x} > 0, a_x < 0$ III: $v_{0x} < 0, a_x < 0$ IV: $v_{0x} < 0, a_x > 0$	

Физик катталиқ	Вақтга бөглиқлик тенгламасы, бөглиқлик түри	Катталик проекциясининг вақтга бөглиқ графиги
Координата	$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ жисм координатасы вақтнинг квадратик функциясы	<p>I: <math>x_1 &lt; 0, v_{0x} &gt; 0, a_x &gt; 0</math>          II: <math>x_2 &gt; 0, v_{0x} &gt; 0, a_x &lt; 0</math></p>

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Тушиш вақти 5 с бўлган жисмнинг баландлигини аниқланг. У хар секунд сайин қандай масофани ўтади?

**Берилган:**

$$t = 5 \text{ с}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$v_0 = 0$$

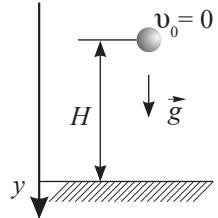
$$H -? h_1 -? h_2 -?$$

$$h_3 -? h_4 -? h_5 -?$$

**Ечиш:**

Суратда жисмни эркин тушиш тезланиши векторининг йўналиши  $\vec{g}$ , Оу ўқда кўрсатамиз. Жисмнинг бошланғич ўрнини ноль сатҳ билан белгилаймиз. Тушиш баландлигини  $H$  ҳарф билан белгилаймиз. Эркин тушиш вақтида жисм координаталари

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2} \quad (1)$$



Қонуни бўйича ўзгаради. Жисмнинг бошланғич координатаси  $y_0 = 0$ , охирги координатаси  $y = H$ , тезланиш векторининг проекцияси оу ўқида мусбат қийматга эга:  $g_y = g$ . Бошланғич тезлик  $v_0 = 0$ . (1) формула қўйидагида бўлади:

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

Бошланғич секундда жисм  $h_1 = \frac{gt_1^2}{2}$  масофага кўчади.

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

Хар бир секунд сайин кўчиш нисбати тоқ сонлар қаторининг нисбати билан аниқланади:

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

Унда:  $\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{3}$  ёки  $h_2 = 3h_1$ , Шундай килиб:  $h_2 = 15 \text{ м}$ . (2) формуладан  $\frac{h_1}{h_3} = \frac{1}{5}$  ёки  $h_3 = 5h_1$

экани чиқади,  $h_1$  қийматини кўйиб  $h_1 = 25 \text{ м}$  эканини топамиз.  $h_4$  да шундай

аниқланади:  $\frac{h_1}{h_4} = \frac{1}{7}$  ёки  $h_4 = 7h_1$ ,  $h_4 = 35 \text{ м}$ , бу  $\frac{h_1}{h_5} = \frac{1}{9}$  демак,  $h_5 = 9h_1$ ,  $h_5 = 45 \text{ м}$ .

Олинган натижаларни кўшсак:  $H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = 5 \text{ м} + 15 \text{ м} + 25 \text{ м} + 35 \text{ м} + 45 \text{ м} = 125 \text{ м}$ .

**Жавоби:**  $H = 125 \text{ м}$ ;  $h_1 = 5 \text{ м}$ ;  $h_2 = 15 \text{ м}$ ;  $h_3 = 25 \text{ м}$ ;  $h_4 = 35 \text{ м}$ ;  $h_5 = 45 \text{ м}$ .

## **Назорат саволлари**

1. Кинематиканинг асосий вазифаси қандай?
  2. Жисм ҳаракатини тавсифлайдиган катталикларни айтинг, уларга таъриф беринг.
  3. Жисм ҳаракатини тавсифлайдиган катталикларнинг қайсиси ҳаракат турини аниклади?

Машқ

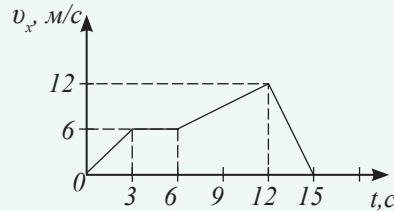
1

- Узунлиги 100 м төг ён бағрининг этагида чанғици тезлиги 8 м/с бўлди. Тушиш вақти 20 с, чанғичининг бошлангич тезлиги ва тезланишини аниқланг.
  - Тош Ер сиртидан 10 м баландликдан тушади. Шу вақтда 8 м баландликдан вертикал юқорига иккинчи тош отилди. Агар тошлар Ер сиртидан 5 м баландликда тўқнашса, иккинчи тош қандай бошлангич тезлик билан отилган? Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олманг, эркин тушиш тезлашиши  $10 \text{ m/s}^2$ .
  - 2-расмда йўлнинг тўғри чизиқли бўлағида жисмнинг ҳаракат тезлигининг вақтга боғлиқлик графиги кўрсатилган.
    - Йўлнинг ҳар бўлағида тезланишини аниқланг. Босиб ўтилган йўл билан кўчиш нимага teng?
    - Йулнинг биринчи бўлағи учун жисмнинг ҳаракат қонунини ёзинг.
    - Жисмнинг бошлангич координатаси  $x_0 = 5 \text{ м}$  бўлган ҳолати учун жисм координатасининг ва қўчишнинг вақтга боғлиқлик графикларини тасвирланг.
  - Балиқ овлаш учун пеликан сувга эркин тушади (3-расм). Балиқ пеликандан қочиб қутилиши учун 0,15 с керак бўлса, у пеликанни қандай баландликдан пайқаши керак? Пеликан 5 м баландликдан эркин тушади, балиқни эса сувнинг юзасида сузиб юрибди деб олинг.

**2-расм. 1-машқнинг 3-масаласига**

Время $t, \text{s}$	Скорость $v_x, \text{m/s}$
0	0
3	6
6	6
12	12
15	0

**3-расм. 1-машқнинг 4-масаласига**



## **2-расм. 1-машқынинг 3-масаласига**



### **3-расм. 1-машқынинг 4-масаласига**

## Ижодий топшириқлар

Қуйидаги мавзуларнинг бирини танлаб олиб, маълумот тайёрланг:

1. Ҳар түрли автомобилларнинг тормозланиш йўлини камайтириш усулари.
  2. Учиш аппаратлари учун учеб-қўниш йўлини қандай ҳисобланади?

## 2§. Ҳаракатнинг нисбийлиги

### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- Кўчиш ва тезликни кўшишининг классик қонунига кундалик ҳаётдан мисоллар келтира оласизлар.

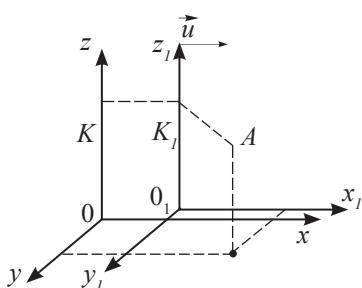
### I Механик ҳаракатнинг нисбийлиги. Инвариант ва нисбий катталиклар

Механик ҳаракатни тавсифлайдиган кинематик тушунчалар – траектория, координата, кўчиш, тезлик, тезланиши бир саноқ системасидан бошқа бир саноқ системасига ўтганда ўзгариши мумкин. Ўша механик ҳаракатнинг нисбийлиги дидир. Агар катталиктар бир саноқ системасидан бошқа саноқ системасига ўтганда ўзгарадиган бўлса, уни нисбий деб аталади. Агар катталиктар ўзгариши сезоз, унда у инвариант бўлади.

Кинематиканинг асосий масаласи – ҳар хил координаталар системаида бир-бирига боғлиқ ҳолда ҳаракатланадиган механик ҳаракатни тавсифлайдиган кинематик катталиклар орасидаги боғлиқликни ўрнатиш.

### Топшириқ

Бир неча кузатувчи учун бир жисмнинг ҳаракат траекторияси ҳар хил эканинга мисоллар келтиринг.



4-расм.  $K$  – кузатувчига нисбатан кўзгалмайдиган саноқ система,  $K_1$  – ҳаракатдаги саноқ системаи

### II Галилей алмаштиришлари

Декарт координаталар системаида  $K$  ва  $K_1$  саноқ системаларида бир-бирига нисбатан  $\vec{u}$  тезлик билан ҳаракатланадиган моддий нуқтанинг ўрнини аниқлайлик (4-расм).  $A$  нуқтасининг  $K_1$  саноқ системаидаги координаталари  $x_1, y_1, z_1$ .  $t$  вақт ичидаги ҳаракатланадиган саноқ системаи кўзгалмайдиган саноқ системаига нисбатан  $0x$  ўки бўйича  $00_1 = u_x t$  масофага кўчганлигидан, кўзгалмайдиган саноқ системаида  $A$  нуқтасининг  $x$  координатасининг  $x_1$  координатасидан  $u_x t$  катталикка фарқи бор.  $y, z$  ва  $y_1, z_1$  координаталари иккиси саноқ системаида бирдей. Кўрилаётган саноқ системаларида вақт тенг равища ўтади. Галилей алмаштиришларига кўра  $K_1$  системасидан  $K$  системаига ўтган координаталар қўйида-гича бўлади:

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

Жисм координаталари – нисбий катталиклар, кам тезлик билан ҳаракатланадиган жисмлар учун вақт инвариантини бўлиб топилади.

### III Кўчишнинг қўшиш қоидаси

Жисмнинг текисликдаги ҳаракатини кўриб чиқайлик. Бундай ҳолда унинг ўрни иккилик координаталар системаи билан аниқланади. Бири тинчликдаги жисм билан, иккинчиси эса ҳаракатдаги жисм билан боғлиқ координаталар

системаларини кўриб чиқайлик. Бошланғич бир вақтда  $O_1$  ва  $O$  нуқталари кўрилаётган жисмнинг ўрни билан тўғри келади.  $t$  вақтдан сўнг жисм  $A$  нуқтасига кўчади. Кўзгаладиган саноқ системасининг  $O_1$  нуқтаси  $O$  нуқтасига тегишли  $\vec{u}$  тезлик билан кўзгалиб,  $\vec{s}_2 = \vec{t}$  масофага кўчади (5-расм).

Сиз кўриб турган жисмнинг кўзгалмайдиган саноқ системасига тегишли кўчишини  $\vec{s}$ , кўзгаладиган саноқ системасига тегишли кўчишини  $\vec{s}_1$  деб белгилайлик. Векторларни қўшиш қоидаси бўйича

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

*Жисмнинг кўзгалмайдиган саноқ системасига тегишли кўчиши – жисмнинг кўзгаладиган саноқ системасига тегишли кўчиши билан қўзгаладиган саноқ системасининг кўзгалмайдиган саноқ системасига тегишли кўчишларининг геометрик йигиндисига тенг. Кўчиши – нисбий катталик.*

$Ox$  ва  $Oy$  ўқларидаги проекцияларида қўчишларни қўшиш формуласи қўйидагича бўлади:

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

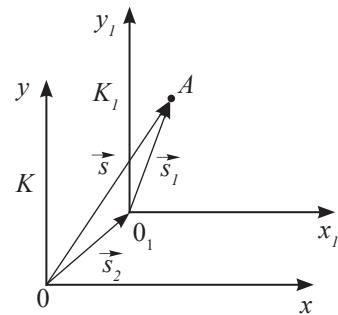
$s_x = x$ ,  $s_{1x} = x_1$ ,  $s_y = y$ ,  $s_{1y} = y_1$  бўлганидан (5-расм), формуласларни танлаб олинган ўқлардаги проекция турида қўйидагича ёзишга бўлади:

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

Агар ҳаракатланадиган саноқ системаси кўзгалмайдиган саноқ системасига тегишли  $0x$  ўқи бўйича  $u_x$ ,  $0y$  ўқи бўйича эса  $u_y$  тезлик билан ҳаракатланадиган бўлса, унда юқорида ёзилган tenglamalap қўйидаги кўринишга келади:

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

Кўчишларни қўшиш орқали биз текислиқда ҳаракатланадиган жисм учун Галилей алмаштиришларини олдик.



**5-расм.** Ҳар хил саноқ системасида турган кузатувчилар учун  $A$  нуқтасининг кўчиши



### Ўз тажрибангиз

Икки ўқувчи ҳаракатнинг бошланғич нуқтасига нисбатан ва қўйидаги ҳаракат шароитларида бир-бирига нисбатан кўчишини аниқланг:

- 1) Бир чизик бўйича бир йўналишда ҳар тезлик билан;
- 2) Бир чизик бўйлаб қарама-қарши йўналишда;
- 3) Икки ўзаро перпендикуляр йўналиш билан
- 4) Ишланган экспериментдаги ҳаракатланадиган ва кўзгалмайдиган саноқ системаларини ва ҳаракатдаги жисмни атанг.

Икки ўқувчи ҳаракатнинг бошланғич нуқтасига тегишли ва бир-бирига нисбатан кўчишларининг ўзлари танлаган масштабида дафтарингизга чизинг.

### Жавоби қандай?

1. Ўқувчиларнинг бирини кўзгалмайдиган саноқ системаси деб ҳисоблашга бўладими?
2. Саноқ нуқтасини танлаш ўқувчиларнинг бир-бирига нисбатан кўчишига таъсир этадими?

## IV Тезликларни қўшиш қоидаси

$\vec{s}_1 = \vec{v}_1 t$ ,  $\vec{s}_2 = \vec{u} t$ ,  $\vec{s} = \vec{v} t$  эканин эсга олсақ, унда (1) тенглама қўйидагича бўлади  
 $\vec{v} t = \vec{v}_1 t + \vec{u} t$  ёки

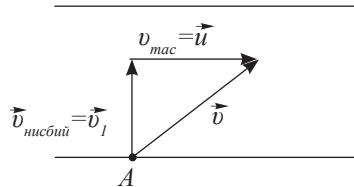
$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{u}.$$

Жисмнинг тезлиги қўзгалмайдиган саноқ системасига нисбатан – жисмнинг қўзгаладиган саноқ системасига нисбатан тезлиги билан қўзгаладиган саноқ системасининг қўзгалмайдиган саноқ системасига нисбатан тезлигининг геометрик йигиндисига тенг.

Тезликларни ҳисоблаш осон бўлиши ва тасвирилаш учун нисбий ва қўчирма тезлик деган тушунчалардан фойдаланилади.

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

**Қўчирма тезлик – қўзғаладиган саноқ системасининг қўзғалмайдиган саноқ системасига нисбатан тезлиги.**



Масалан, сузуви сувга  $\vec{v}_{nis} = \vec{v}_1$  нисбатан (6-расм), оқим уни ёқага нисбатан  $\vec{v}_{k'yq} = \vec{u}$  қўчирма тезлик билан олиб кетади. Сузувчи ёқага нисбатан  $\vec{v}$  тезлик билан ҳаракатланади. Шундай қилиб, тезликларни қўшиш формуласи қўйидагича бўлади:

$$\vec{v} = \vec{v}_{nis} + \vec{v}_{k'yq}$$

Жисм тезлиги – нисбий катталик.

**6-расм.** Сузувчининг сувга нисбатан  $\vec{v}_{nisbii}$  ва A кузатувчига нисбатан  $\vec{v}$  тезлигининг йўналиши

## V Икки жисмнинг нисбий тезликлари

A ва B жисмлари Ерга нисбатан  $\vec{v}_A$ ,  $\vec{v}_B$  тезлик билан ҳаракатланади (7 а) расм). B жисмнинг A жисмга нисбатан тезлигини аниқлайлик. Бунинг учун A жисмнинг қўзгалмайдиган саноқ системаси каби қараймиз, яни ўша жисм фаразан жойлашиб, атрофдаги жисмларнинг ҳаракатини кўриб чикамиз. Ер билан биргалиқда барча жисмлар фазода модули бўйича A нуктасининг тезлигига тенг тезлик билан кўчади. Бироқ йўналиши қарама-карши бўлади (7 б) расм). Шундай қилиб, B нуктасининг A нуктасига нисбатан ҳаракат тезлигини аниқлаш учун векторларни қўшиш формуласидан фойдаланамиз:

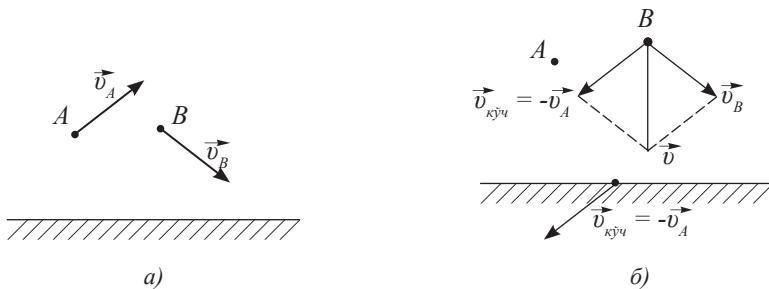
$$\vec{v} = \vec{v}_B + \vec{v}_{k'yq}$$

ёки  $\vec{v}_{k'yq} = -\vec{v}_A$  нисбатини эътиборга олиб, қўйидагини оламиз:  $\vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$ .



### Жавоби қандай?

Нима учун Ерга нисбатан ҳаракатланадиган жисмни қўзгалмайдиган саноқ системаси деб олиб, фаразан ўша жисм жойлашиб, атрофдаги жисмлар ҳаракатини унга нисбатан оламиз?



7-расм. В нүктасининг A нүктасига нисбатан тезлик йўналишини топиш

Икки жисмнинг нисбий тезлиги уларнинг тезлик векторларининг айримаси билан аниқланади.

### МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Ёмғир томчилари Ерга нисбатан  $v_1 = 20 \text{ м/с}$  м/с тезлик билан тушади. Автомобиль горизонттга  $45^\circ$  бурчак билан жойлашган орқа ойнасида ёмғир томчиларининг излари қолмаслиги учун автомобиль Ерга нисбатан қандай минимал тезлик билан ҳаракатланиши керак? Томчиларнинг автомобильга нисбатан тезлиги қандай?

**Берилган:**

$$v_1 = 20 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$v - ?$$

$$v_2 - ?$$

**Ечиш:**

Томчиларнинг тезлик вектори ойнага параллел йўналсагина, улар автомобильнинг ойнасида тегмай ўтади. Автомобильнинг минимал тезлиги шу билан аниқланади.

Уни топиш учун тезликларни қўшиш қонунини қўллаймиз:

$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{нисбий}} + \vec{v}_{\text{кы}}.$$

Кўзгалмайдиган координаталар системасини Ер билан боғлаймиз. Кўзгаладиган системани автомобиль билан боғлаймиз. Томчиларнинг автомобильга нисбатан тезлиги  $\vec{v}$ . Унда

$\vec{v} = \vec{v}_1$ ,  $\vec{v}_{\text{нисбий}} = \vec{v}$ ,  $\vec{v}_{\text{кы}} = \vec{v}_2$ . Демак, тезликларни қўшиш қонуни кўйидагича ёзилади:

$$\vec{v}_1 = \vec{v} + \vec{v}_2.$$

Бундан:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2.$$

Векторларни айриши расмда кўрсатилган.

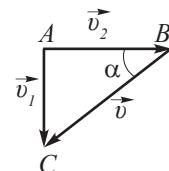
Тўғри бурчакли учбуручак бўлганидан,

$$v = \frac{v_1}{\sin \alpha} \quad \text{ва} \quad v_2 = v_1 \operatorname{ctg} \alpha.$$

Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$v = \frac{20 \text{ м/с}}{\sin 45^\circ} = 28 \text{ м/с} \quad \text{ва} \quad v_2 = v_1 = 20 \text{ м/с.}$$

**Жавоби:** 28 м/с, 20 м/с.



## Назорат саволлари

1. Жисмларнинг нисбий ҳаракатининг моҳияти нима?
2. Галилей алмаштиришларини қандай катталиклар боғлайди?
3. Сизларга Галилей алмаштиришларининг қандай натижалари маълум?
4. Жисмлар орасидаги масофа координаталар системасини танлашга таъсир қиладими?
5. Икки жисмнинг нисбий тезлиги қандай аниқланади?



**Машқ**

**2**

1. Икки автобус бир йўналишда ҳаракатланиб боради. Уларнинг тезликлари нинг модуллари мос равишда 90 км/соат ва 60 км/соат. Биринчи автобуснинг иккинчи автобусга нисбатан тезлиги нимага teng?
2. Икки параллел темир йўл бўйлаб бир-бирига қарама-қарши икки поезд 72 км/соат ва 108 км/соат тезлик билан ҳаракатланиб келади. Биринчи поезднинг узунлиги 800 м, иккинчisinинг узунлиги 200 м. Қандай вакт оралиғида бир поезд иккинчisinинг ёнидан ўтади?
3. Оқим тезлиги 2 м/с дарёда катер қирғоқقا нисбатан 3,5 м/с тезлик билан перпендикуляр ҳаракатланиши учун мотор катер сувга нисбатан қандай тезлик бериши керак?
4. Метро эскалатори бўйича кўзгалиб келаётган йўловчини 1 мин ичida пастга туширади. Агар йўловчи икки марта тез юрса, у пастга 45 с вактда тушади. Агар йўловчи кўзғалмай турса, унда у қанча вактда пастга тушади? Эскалатор тезлиги 0,9 м/с. Унинг узунлигини аниқланг. Агар «Ипак Йўли» станциясида эскалаторнинг узунлиги 104 м бўлса, у йўловчини қанча вактда пастга туширади (8-расм)?



**8-расм.** Алмати метрополитенининг «Ипак Йўли» станцияси

## Ижодий топшириқлар

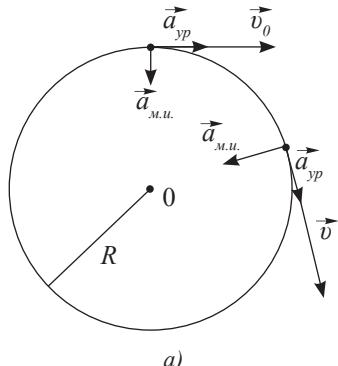
1. «Ҳаракатнинг нисбийлигини ҳар хил соҳаларда – саноатда, қишлоқ хўжалигига, цирк аттракционларида, авиацияда, ҳар хил спорт турларида ва х.к. фойдаланиш» мавзусида маълумот тайёрланг.
2. Ҳаракатнинг нисбийлигини тавсифлайдиган адабий асарлардан мисол келтиринг.

## 3§. Эгри чизиқли ҳаракат кинематикаси

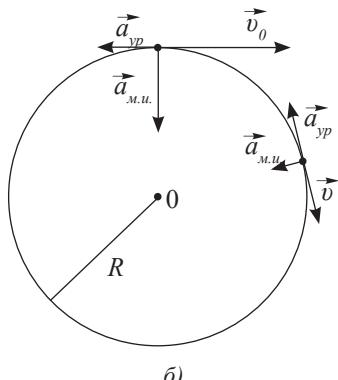
### Кутиладиган натижә

Бу параграфни ўзлаштиргандай:

- Эгри чизиқли ҳаракатни тавсифлайдиган катталикларни аниқлай оласиз.



a)



b)

**9-расм.** Моддигүйн нүктенинг айланы бўйлаб текис тезланувчан ҳаракати

### Жавоби қандай?

1. Нима учун уринма тезланиши тангенциал тезланиши деб аталади?
2. Радиуси ўзгармас айланы бўйича текис тезланувчан ҳаракатнинг тўлиқ тезланиши нега Пифагор теоремасидан аниқланади?

Ҳар қандай эгри чизиқ билан ҳаракатланадиган жисм ҳаракатини аниқлаган вақтда траекторияни тўғри чизиқ бўлакчалари билан радиуслари бирдек айланадиган ёйига мослаштириб қарашга бўлади. Жисмнинг айланадиган ёйига мослаштириб қарашга бўлади. Жисмнинг айланадиган ёйига мослаштириб қарашга бўлади.

### I Жисмнинг айланадиган ёйига мослаштириб қарашга бўйича текис ҳаракатини тавсифлайдиган чизиқли катталиклар

Жисмнинг айланадиган ёйига мослаштириб қарашга бўйича текис ҳаракати вақтида чизиқли тезлиги ҳар қандай тенг вақт оралигида бирдай қийматга ўзгариб туради. Текис тезланувчан ҳаракат вақтида (9 a) расм

$$v = v_0 + a_{yp} t, \quad (1)$$

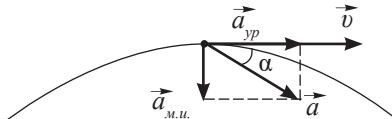
текис секинланувчан ҳаракатда (9 b) расм

$$v = v_0 - a_{yp} t. \quad (2)$$

(1) ва (2) формулалардаги  $a_{yp} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  тезланишини уринма ёки тангенциал деб аталади. У чизиқли тезликнинг йўналиши билан траектория уринмаси бўйича ёки унга карама-карши йўналади. Агар айланадиган радиуси  $R$  ўзгармас катталик бўладиган бўлса, унда чизиқли тезликнинг ўзгариши натижасида марказга интилма тезланиш  $a_{m.u.} = \frac{v^2}{R}$  ўзгарувчан катталик бўлади.

Айланадиган ёйига мослаштириб қарашга бўйича текис тезланувчан ҳаракатланадиган жисмнинг тўлиқ тезланишини аниқлайлик (10-расм).

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



**10-расм.** Тўлиқ тезланиши билан унинг ташкил этувчилари: уринма ва марказга интилма (нормаль) тезланиши

Тўлиқ тезланишининг ташкил этувчилари  $\vec{a}_{yp}$  ва  $\vec{a}_{m.u.}$  ўзаро перпендикуляр, сабаби айланага ўтказилган уринма радиусга перпендикуляр бўлади. Пифагор теоремасига асосан тўлиқ тезланиш кўйидагига тенг:

$$a = \sqrt{a_{yp}^2 + a_{m.u.}^2} \quad (3)$$

Тезлик билан түлиқ тезланишнинг орасидаги бурчак қиймати маълум бўлса, нормаль ва уринма тезланиши қўйидаги формула билан топиш мумкин:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_{m.u.}}{a_{yp}} \quad \text{ёки} \quad a_{yp} = \frac{a_{m.u.}}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

*Айланана бўйича текис тезланувчан ҳаракатда тезланиши вектори айлананинг ичига қараб йўналади. Шу векторнинг уринма ташкил этувчиси тезликнинг модули бўйича ўзгаришини, марказга интилма (нормаль) ташкил этувчиси йўналиши бўйича ўзгаришини тавсифлайди.*

## II Жисмнинг айланана бўйича ҳаракатини тавсифлайдиган бурчак катталиклар

Айланана бўйича ҳаракатни ўрганиш учун бурчак катталиклардан фойдаланиш осон. Текис тезланувчан ҳаракат давомида  $\omega$  бурчак тезлик билан,  $\varphi$  бурчакли кўчишдан бошқа  $\varepsilon$  бурчакли тезланиши тушунчасини киритиш керак.

**Бурчакли тезланиш – бурчак тезликнинг ўзгариш тезкорлигини кўрсатувчи физик катталиник.**

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} \quad \text{текис тезланувчан ҳаракат учун (4)}$$

$$\varepsilon = \frac{\omega_0 - \omega}{\Delta t} \quad \text{текис секинланувчан ҳаракат учун (5)}$$

Бурчакли тезланишни ўлчов бирлиги  $[\varepsilon]$  – 1 рад/с<sup>2</sup> бурчакли тезликнинг ўлчов бирлиги  $[\omega]$  – 1 рад/с.

(4) ва (5) формулалардан бурчакли тезликнинг оний қийматини оламиз:

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

Олинган формула текис тезланувчан ҳаракатда чизиқли тезликни ҳисоблашга мўлжалланган формулаларга ўхшаш. Демак бурчакли кўчиш формуласи ҳам чизиқли кўчишни аниқлаш формуласи билан ўхшаш бўлади.

Айланана бўйича текис тезланувчан ҳаракат учун:

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

Айланана бўйлаб текис секинланувчан ҳаракат учун:

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

Бурчакли тезликнинг ўртача қийматини киритайлик

$$a_{ypm} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}, \quad \text{бунда бурчакли кўчиш кейинги формула бўйича аниқланади: } \varphi = \frac{\omega_0 + \omega}{2} t.$$



### Жавоби қандай?

Жисмнинг айланана бўйича ҳаракатини тавсифлаш учун нега бурчакли катталикларни қўллаш осон?



### Эсингизга туширинг!

Чизиқли катталикларнинг бурчакли катталиклар билан боғланишни эсга туширинг:

$$l = \varphi R$$

$$v = \omega R$$

$$a_{m.u.} = \omega^2 R$$



### Эсда сақланг!

$$a_{mc} = \varepsilon R$$

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

**3-жадвал.** Чизиқли ва бурчакли кинематик катталикларнинг ўхшашик жадвали

Бурчакли катталик	Чизиқли катталик
$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$	$v_x = v_{0x} + a_{0x}t$
$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$	$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$
$\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$	$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$
$\omega_{opm} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}$	$v_{opm} = \frac{v_0 + v}{2}$



### Топшириқ

3-жадвал бўйича бурчакли ва чизиқли катталикларни ҳисоблаш формулалари нинг ўхшашилклари билан фарқларини кўрсатинг.

### III Бурчакли ва чизиқли катталикларнинг боғлиқлиги

Бизга босиб ўтилган йўл ва кўчиш, чизиқли ва бурчали тезлик, нормаль тезланиш билан бурчакли тезлик орасидаги нисбат 9-синфнинг физика курсидан маълум. Тезланишлар орасидаги боғланишни кўрайлик. (4) формуладаги бурчакли тезликни чизиқли тезлика алмаштирайлик:  $\varepsilon = \frac{\frac{v}{R} - \frac{v_0}{R}}{t} = \frac{v - v_0}{tR} = \frac{a_{\omega}}{R}$ . Шундай килиб, бурчакли тезланиш уринма (тангенциал) тезланиш билан кўйидаги муносабат билан боғланади:

$$a_{\omega} = \varepsilon R. \quad (6)$$

(3) билан (6) формуладан фойдаланиб, тўлиқ тезланишнинг бурчакли катталиклари билан боғланишни оламиз:

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{a_n^2 + a_{yp}^2} = \sqrt{\omega^4 R^2 + \varepsilon^2 R^2} = R\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2} \\ a &= R\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}. \end{aligned}$$

### МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Радиуси 10 см ғилдирак 3,14 рад/с<sup>2</sup> ўзгармас бурчакли тезланиш билан айланади. Ҳаракат бошлангандан кейинги биринчи секунд охирида 1) бўрчакли тезликни, 2) чизиқли тезликни, 3) уринма тезланишни, 4) марказга интилма тезланишни, 5) тўлиқ тезланишни, 6) ғилдирак четидаги нукталар учун тўлиқ тезланишнинг йўналиши билан ғилдирак радиуси орасидаги бурчакни аникланг.

#### Берилган:

$$R = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

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

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

$$t = 1 \text{ с}$$

$$\omega - ? \quad v - ? \quad a_{yp} - ? \quad a_n - ?$$

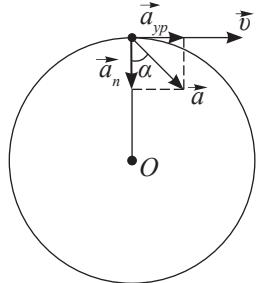
$$a - ?$$

$$\alpha - ?$$

#### Ечиш:

Жисмнинг айлана бўйлаб текис тезланувчан ҳаракати давомида унинг бурчакли тезлиги  $\omega = \omega + \varepsilon t$ . Масаланинг шарти бўйича  $\omega_0 = 0$ , унда  $\omega = \varepsilon t$ . Биринчи секунднинг охирида  $\omega = 3,14 \text{ рад/с}$ .

Чизиқли тезлик бурчакли тезлик билан боғлиқлик формуласи  $v = \omega R$ . Биринчи секунднинг охирида  $v = 3,14 \text{ м/с}$ .



Тангенциал тезланиш вақтга боғлиқ әмас, у ўзгармас ва  $a_{yp} = \varepsilon R = 0,314 \text{ м/с}^2$  га теңг. Нормаль тезланиш вақтнинг квадратига пропорционал ўсади  $a_n = \omega^2 R = \varepsilon^2 t^2 R$ , биринчи секунднинг охирида  $a_n = 0,986 \text{ м/с}^2$ .

Түлиқ тезланишни Пифагор теоремаси бўйича аниқлаймиз:  $a = \sqrt{a_n^2 + a_{yp}^2}$ .  $t = 1 \text{ с}$  бўлганда,  $a = 1,03 \text{ м/с}^2$ .

**Жавоби:**  $\omega = 3,14 \text{ рад/с}$ ,  $v = 3,14 \text{ м/с}$ ,  $a_{yp} = 0,314 \text{ м/с}^2$ ,  $a_n = 0,986 \text{ м/с}^2$ ,  $a = 1,03 \text{ м/с}^2$ .

## Назорат саволлари

- Чизиқли тезлик модулининг ўзариш тезкорлигини түлиқ тезланишнинг қандай компонентини тавсифлайди? Тезлик йўналишини-чи?
- Қандай шартларда эгри чизиқли ҳаракатланадиган жисм траекторияси тўғри чизиқли бўлади?
- Қандай катталикни бурчакли тезланиш деб аталади? У уринма тезланиш билан қандай боғлиқ? Тўлиқ тезланиш билан-чи?



**Машқ**

**3**

- Радиуси 1 м айланга бўйича текис тезланувчан ҳаракатлана бошлаган нуқта 50 метр йўлни 10 с ичидаги юриб ўтди. Ҳаракат бошлангандан сўнг 5 с ўтгандан кейин нуқтанинг нормаль тезланиши нимага теңг?
- Поезд 54 км/соат бошланғич тезлик билан йўлнинг эгрилик бўллагига киради ва 600 м йўлни 30 с ичидаги босиб ўтади. Эгрилик радиуси 1 км. Ўша йўлнинг охирида поезднинг тезлиги билан тўлиқ тезланишининг модулини топинг, уринма тезланиши модули бўйича ўзгармас деб ҳисобланг.
- Сермер (маховик)  $\omega_0 = 2\pi \text{ рад/с}$  бошланғич бурчакли тезликка эга бўлди. У 10 айланиб, ишқаланиш натижасида тўхтади. Сермернинг бурчакли тезланишини ўзгармас деб, унинг қийматини топинг.
- Астана шаҳридаги «Думан» ўйин-кулги комплекси яқинида жойлашган янги кўриб чиқиши фидирагининг баландлиги 65 метрдан иборат (*11-расм*). Айланиш даври 7 минутдан иборат бўлса, айланиш вақтида фидирак кабиналаридаги белгиланган нуқталарининг чизиқли ва бурчакли тезликларини, марказга интилма ва бурчакли тезланишларини топинг.



*11-расм. МДХ  
мамлакатларида баландлиги  
жиҳатидан иккинчи бўлган  
карусель*

## Ижодий топшириқлар

«Дунёдаги дам олиш боғларидаги экстремал аттракционларнинг кинематик хусусиятлари. Улардан фойдаланиш вақтида хавфсизлик техникаси» деган мавзуда маълумот тайёрланг.

# 1-бобнинг хуносаси

Галилей алмаштиришлари		Галилей алмаштиришнинг натижалари	
Айланада бўйича тезланувчан ҳаракат	Тезланиш	Бурчакли тезланиш	Тезланиш боғланишлари
	$a = \sqrt{a_{\text{н.н.}}^2 + a_{\text{уп}}^2}$	$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t}$ $\varepsilon = \frac{\omega_0 - \omega}{\Delta t}$	$a_{\text{уп}} = \varepsilon R$
	Бурчакли тезлик	Бурчакли кўчиш	Тезланиш билан бурчакли тезликнинг боғлиқлиги
	$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$ $\omega_{\text{уп}} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}$	$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$ $\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$ $\varphi = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\varepsilon}$	$a_{\text{n}} = \omega^2 R$ $a = R \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}$

## Глоссарий

**Механика** – моддий жисмларнинг механик ҳаракати ва уларнинг ўзаро таъсири тўғрисидаги фан.

**Кинематика** – жисм ҳаракатининг жисм массаси билан жисмга таъсир этадиган кучларни ҳисобга олмай ўрганадиган механиканинг бўлими.

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

**Уринма тезланиш** – чизиқли тезликнинг ўзгариш тезкорлигини тавсифлайдиган физик катталик.

**Бурчакли тезланиш** – бурчакли тезликнинг ўзгариш тезкорлигини тавсифлайдиган физик катталик.

# ДИНАМИКА

Жисмнинг ҳаракат турининг сабабини эътиборга оладиган механика бўлими динамика деб аталади.

**Динамика (қалимги грек тилида δύναμις – куч) – жисмга таъсир этадиган кучларнинг таъсиридан бўладиган ҳаракатни эътиборга оладиган бўлими.**

Бўлимнинг асосида Ньютоннинг уч қонуни натижалари динамиканинг масалаларини ечиш учун керакли борлиқ тенгламалар билан теоремалар бор.

## Бобни ўқиб-билиш орқали сизлар:

- Ньютон қонунларини тушунасизлар ва teng таъсир этувчи кучни аниқлашни;
- Бутун олам тортишиш қонунини тушунасизлар ва космик апаратларинининг ҳаракатини тушунтиришни;
- Горизонтга бурчак остида ва вертикаль отилган жисмларнинг ҳаракати вақтида физик катталикларнинг ўзгаришини тушунтиришни ўрганасизлар.

## 4§. Кучлар. Кучларни қүшиш. Ньютон қонунлари

### Кутиладиган натижасы

Бу параграфни ўзлаштиргандай:

- Ньютон қонунларини тушуниб, тенг таъсир этувчи кучни аниқтай оласиз.



### 1-топширик

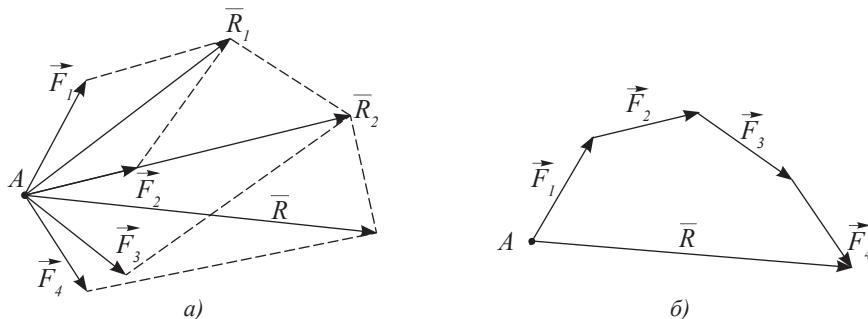
1. Массаси 2500 кг бўлган сиплиқлаш станокка таъсир этадиган оғирлик кучини ва унинг оғирлигини ўзинглар ҳохлаган масштабда чизинг.
2. Топшириқни бажариш алгоритмини қуринг.



### 2-топширик

1. Молекула типдаги электромагнитик кучларни хисоблаш формуласини ёзинг.
2. Аталган кучларни йўналишини ва тушиш нуткасини кўрсатиб, графикини чизинг.

Тенг таъсир этувчи кучларни (*12 а) расм*) ёки кучлар кўпбурчак (*12 б) расм*) чизиб, тенг таъсир этувчи кучларни кетма-кет қўшиш йўли билан аниқланади. Тенг таъсир этувчи кучни график йўл билан аниқлашада куч векторларининг ҳар қандай тартибда чизишга бўлади, бунда тенг таъсир этувчи кучнинг йўналиши ўзгармайди. Тенг таъсир этувчи кучнинг вектори биринчи векторнинг бошидан сўнгти векторнинг учига йўналади.



*12-расм.* Тенг таъсир этувчи кучни аниқлашнинг геометрик усули

### I Табиатдаги кучлар

Бизни атрофимиздаги жисмлар ўзаро таъсиралиши натижасида фазодаги ўрнини ўзгартиради ва деформацияланади. Бошقا жисмларги ёки майдонга таъсир этиши қиймати – куч, йўналишига эга физик китталиқ бўлади. Куч таъсирининг натижаси унинг сон қийматига, йўналишига ва тушиш нуткасига боғлиқ. Куч жисм ҳаракатининг ўзгаришига тўғридан-тўғри сабабчи бўлади.

Пайдо бўлиш табиатига боғлиқ куч тўрт турга бўлинади: гравитацион, электромагнитик, кучли ёки ядервий, заиф.

Гравитацион кучларга бутун олам тортишиш кучи билан оғирлик кучи киради. Электромагнит кучларга эластиклик кучи, ишқаланиш кучи, жисмнинг оғирлиги, реакция кучи, Архимед кучи киради. Механикада жисмларнинг гравитацион ва молекула типдаги электромагнит кучларнинг таъсиридан пайдо бўлган ҳаракатлари кўриб чиқлади. Кучли ва заиф кучлар ядервий физика ва элементар зарралар физикасида ўқитилади.

### II Кучларни қўшиш

Жисмга таъсир этадиган барча кучларнинг тенг таъсир этувчи кучини аниқлашнинг икки учули бор – геометрик ва аналитик. Геометрик усул векторларни учбуручак ёки параллелограмм қоидаси бўйича қўшишга асосланган. Тенг таъсир этувчи кучни оралиқ

Аналитик ёки координата усул барча таъсир этувчи кучларнинг ўзаро перпендикуляр  $\partial x$  ва  $\partial y$  ўқларига проекцияларнинг йиғиндисига асосланган:

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

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

Олинган натижаларни Пифагор теоремаси бўйича тенг таъсир этувчи куч модулини аниклаш учун қўлланилади:

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

### III Динамиканинг асосий қонунлари

Жисмларнинг ҳаракат турлари ва уларнинг пайдо бўлиш сабабларини холосалаб, Ньютон учта қонунни ифодалаб берди.

#### Ньютоннинг I қонуни:

**Жисмга куч таъсир этмаса ёки жисмга қўйилган кучларнинг таъсири мувозанатлашган бўлса, унда жисм инерциал саноқ системасига тегишли тинч ҳолатини сақлайди ёки текис ва тўғри чизиқли ҳаракатланади.**

Агар жисмга таъсир этадиган кучларнинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг бўлса, Ньютоннинг I қонуни кўйидагича бўлади:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0, \quad a = 0, \quad v = \text{const}$$

ёки  $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$

Ньютоннинг биринчи қонуни жисм текис ва тўғри чизиқли ҳаракатланадиган шартларни аниклайди. Ньютоннинг биринчи қонуни бажариладиган саноқ системасини **инерциал саноқ системаси (ИСС)** деб, қонуннинг ўзини **инерция қонуни** деб аталади.

Планетамиздаги механик ҳодисаларни тавсифлаш учун ИСС сифатида Ерни, тинчликдаги жисмларни ва Ерга нисбатан ўзгармас тезлик билан ҳаракатланадиган жисмлар олинади.

Тезланиш билан ҳаракатланадиган жисмларга Ньютоннинг биринчи қонуни бажарилмайди. Тезланиш билан ҳаракатланадиган жисмларга боғланган системаларни **ноинерциал системалар** деб аталади (НСС).

#### Ньютоннинг II қонуни:

**Жисмнинг оладиган тезланиши унга қўйилган кучга тўғри пропорционал ва массасига тескари пропорционал.**

#### Кучларни купбурчак куриш алгоритми

1. Текисликда  $A$  нуктани ёки жисмнинг массалар марказини танлаймиз.
2. Таңланган нуктага  $\vec{F}_1$  биринчи векторнинг бошини тушириб, шакли ёки узунлигини саклаб, ўз-ўзига параллел жойлаштирамиз.
3. Биринчи векторнинг учига  $\vec{F}_2$  иккинчи векторнинг бошини жойлаштирамиз. Колган  $\vec{F}_3$  ва  $\vec{F}_4$  куч векторларини шу тартибда чизамиз.
4. Тенг таъсир этувчи куч вектори олинган синик чизикни бирлаштиради, биринчи вектор бошини сўнгти векторнинг учиги билан биректиради ва унга қарши йўналган.

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

Тезланишнинг йўналиши жисмга қўйилган ҳамма кучларнинг тенг таъсир этувчи сининг йўналиши билан мос келади  $\vec{a} \uparrow\uparrow \vec{F}_k$ . Агар тенг таъсир этувчи куч катталиги ўзгармаса,  $\vec{a} = const$  жисм текис, яъни ўзгармас тезланиш билан ҳаракатланади. Ньютоннинг иккинчи қонуни жисм текис тезланувчан ёки текис эмас ҳаракатланадиган шартларни аниқлайди. Ньютоннинг иккинчи қонуни инерциал саноқ система-сида бажарилади.

### Ньютоннинг III қонуни :

**Жисмлар модули бўйича тенг, қарама-қарши йўналган кучлар билан ўзаро таъсирлашади. Улар бир чизиқ бўйича ҳар хил жисмга таъсир этадиган табиати бир хил кучлар бўлиб топилади.**

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

Динамикада масалаларни ечишда стандарт топшириқларни бажаришга мумкинлик берадиган алгоритм қўлланилади.

#### Динамикада масалалар ечиш алгоритми

1. Расмдан жисмга таъсир этадиган кучларни ва тезланиш йўналишини кўрсатиш (13-расм).
2. Ҳаракатнинг асосий қонунини вектор жиҳатидан ёзиш:

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

3. Ечишга осон  $0x$  ва  $0y$  ўқларини танлаб, уларнинг бирини жисмнинг ҳаракат йўналиши бўйича йўналтириш.
4. Ҳаракатнинг асосий қонунининг танланган ўқлардаги проекцияларини ясаш:

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

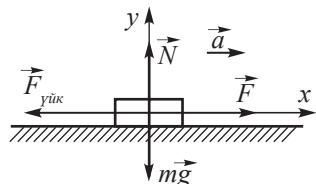
5. Векторлар проекцияларини ишорасини хисобга олиб, модуллари орқали ифодалаш:

$$\begin{aligned} ma &= F - F_{\text{шик}} \\ 0 &= -mg + N \end{aligned}$$

6. Керак бўлган ҳолда кинематик катталиклар билан кучларни хисоблаш формулаларини ёзиш, масалан:

$$F_{\text{шик}} = \mu N; a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}$$

7. Тенгламалар системасини номаълум катталикка, мисол, охирги тезликка тегишли ечиш.

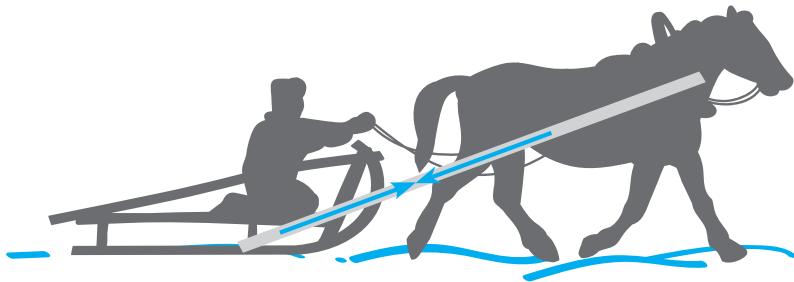


**13-расм.** Тўрт турдаги кучнинг таъсиридан жисм кўндаланг текисликда а тезланши билан ҳаракатланади



## Жавоби қандай?

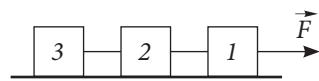
Ньютооннинг III қонуни бўйича отнинг ва чананинг ўзаро таъсирлашиши кучлари бирдек (14-расм). Нима учун от чанани судраб бормоқда, нега тескари эмас?



**14-расм.** Ньютооннинг III қонуни бўйича ўзаро таъсирлашиши кучлари тенг

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Вазнисиз ип билан боғланган бир хил уч куб, биринчи кубга кўйилган  $F = 12 \text{ Н}$  кучнинг таъсиридан стол юзида горизонтал ҳаракатланади. Иккинчи ва учинчи кубни боғлаб турган ипнинг таранглик кучини нимага тенг (*расмга қаранг*)?



**Берилган:**

$$F = 12 \text{ Н}$$

$$m_1 = m_2 = m_3 = m$$

$$F_T - ?$$

**Ечиш:**

Массалари  $m$  бир хил 3 кубдан иборат система учун Ньютооннинг II қонунини ёзамиш:

$$3ma = F(1)$$

Ипнинг таранглик кучи таъсиридан кўзгаладиган учинчи жисм учун:  $ma = F_T(2)$

Кубларнинг тезланишлари бир хил бўлса, (чўзилмайдиган ип), (1) ва (2) тенгламалардан буни оламиш:

$$F_T = \frac{F}{3},$$

$$F_T = 4 \text{ Н.}$$

**Жавоби:**  $F_T = 4 \text{ Н.}$

## Назорат саволлари

- Тенг таъсир этувчи кучни қандай аниқланади?
- Ньютон қонунларини таърифланг.
- Табиятдаги қандай кучларнинг келиб чиқиши сизларга маълум?



- Пўлат печга вертикал ёпишиб турган массаси 50 г магнитнинг текис вертикал юқорига кўчиши учун қандай куч керак? Магнитнинг текис ( $a = 0$ ) вертикал пастга ҳаракатланишига 1,5 Н куч сарфланади. Масалани алгоритм бўйича ечинг.
- Қилич балиқ хужум қилган вақтда унинг тезлиги 140 км/соат гача етади (15-расм). У ўзига зарар келтирмасдан кемани теша олади. Унинг бошида «қиличининг» тагида, гидравлик амортизатор – май тўлган кичик қаватлар бўлади. Улар зарбани камайтиради. Агар массаси 10 кг балиқ қалинлиги 20 см қайиқ деворини 0,5 с ичида тешиб ўтса, деворнинг қаршилик кучи қандай?



15-расм. Қиличбалиқ қайиқларга хавф түғдиради

### Ижодий топшириқлар

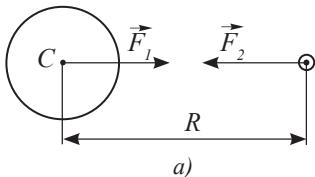
Асосий тавсифларини ва ўзаро таъсирларини кўрсатиб, «Табиатдаги кучлар» кластерини қуринг.

## 5§. Бутун олам тортишиш қонуни

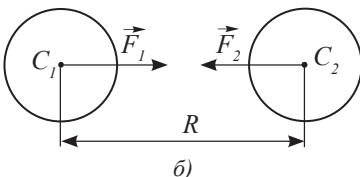
### Күтиладиган натижә

Бу параграфни ўзлаштирғанда:

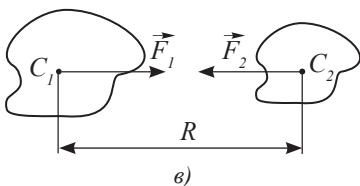
- Бутун олам тортишиш қонуни түшүнүсиз ва коинот аппараттарының ҳаракатини тасвиғтай оласыз.



a)



b)



c)

**16-расм.** Бутун олам тортишиш күчи марказий күчгө ётады

### Жавоби қандай?

Хажми катта жисмлар орасидаги тортишиш күчини аниқлаганда, нега уларның оғирлик марказини жойлашишини билиш керак?

### Топширик

Дафтарнаның бир жинсли гравитацион майдоннинг күч чизикларини тасвирланған.

### I Бутун олам тортишиш қонунини моддий нүқталарга құллаш

Бутун олам тортишиш қонунини 1667 йили Исаак Ньютон кашф этди.

Икки жисмнинг тортилиш күчи шу жисмларнинг массаларының күпайтмасына түғри пропорционал ва улар орасидаги масофаның квадратига тескари пропорционал.

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

бундаги  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$  – гравитацион доимий.

Массалари кам жисмларнинг тортишии құчлары деярли хисобға олинмайды. Унинг қыймати шакли шарға үшшаб кетадиган осмон жисмлардың учун күпроқ бўлади (16-расм). Гравитацион үзаро таъсиралиши құчлары жисмларнинг оғирлик марказларини қўшадиган чизик бўйича йўналган, уларни *марказий* дейилади.

### II Планета йўлдошларининг орбиталари. Биринчи космик тезлик

Ньютон планеталарнинг ва уларнинг йўлдошларининг ҳаракат бутун олам тортишиш қонунига, энергиянинг сақланиш қонунига ва динамиканың асосий қонунларига бўйсунади деб ҳисобланган. Ньютоннинг иккинчи қонуни бўйича биринчи космик тезликнинг қыйматини аниқлайлик:

$$ma_{\text{н.и}} = F \quad (4)$$

Бутун олам тортишиш қонуни ва марказга интилма тезланиши планета йўлдошининг чизиқли тезлиги билан боғлиқлик формулани қўллаб, (4) ифодани кўйидага ёзамиш:

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{GMm}{R^2}, \quad (5)$$

бу ерда  $M$  – Ер массаси.

(5) нисбатдан планета йўлдошининг тезлигини оламиш:

$$v_I = \sqrt{\frac{GM}{R}}. \quad (6)$$

Ернинг сунъий йўлдошлари (ЕСЙ) учун биринчи космик тезлик 7,9 км/с. Ер юзасига яқин жойлардаги тезлик 7,9 км/с жисм ЕСЙ бўлиб ҳисобланади. Бизнинг планетамизнинг эгрилигига боғлиқ холда у Ерга куламайди.



### Эсда сақланг!

Сунъий Ер йўлдошларининг ҳаракат тезлигини хисоблаганда эркин тушиш тезланишини марказга интилма тезланиш каби, учиш баландлиги билан Ернинг радиусига сунъий Ер йўлдоши ҳаракатланадиган айлананинг радиуси сингари қабуллаймиз.



### Эсда сақланг!

Агар Ернинг сунъий йўлдошини континент оралиқ станциядан учирса, унда биринчи космик тезлик

$$v_{lh} = \sqrt{\frac{GM}{R_{\infty} + h}}$$

тезлигидан кам бўлади. Ер радиусига teng баландликда:

$$v_{lh} = 5,6 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

Жисм орбитасининг радиуси ортгани сари унинг орбита тезлиги кичик бўлади.



### Эсда сақланг!

Энергиянинг сақланиш қонунини қўллаб, Ернинг сунъий йўлдошининг Ернинг тортишиш кучини енгib чиқиб, Күёшнинг сунъий йўлдошига айланадиган тезлигини осон ҳисоблашга бўлади. Бу тезликни иккинчи космик тезлик деб аталади. Ер учун иккинчи космик тезлик – 11,2 км/с.

## III ЕСЙ орбиталарининг параметрлари

Орбиталарнинг Ер юзасидан тахминан 100 км – 40 минг км оралиғида ўзгариб туради, солиштириш учун Ернинг радиуси тахминан 6400 км эканини эсга олайлик. Ернинг сунъий йўлдошини Ер атрофидаги қуий орбиталарга чиқариш иқтисодий жиҳатдан самарали, бироқ Ернинг тортиши ва атмосферанинг юқори катламларининг ишқаланишининг таъсиридан бундай аппаратларнинг иш вақти узокқа чўзилмайди. Ернинг сунъий йўлдошларининг иш вақтини орттириш учун уларнинг Ерни айланиш тезлигини орттириш керак. 4-жадвалда Ер атрофидаги ва геостационар Ер сунъий йўлдошларининг орбита тезликларининг қийматлари берилган.

**4-жадвал.** Ер атрофидаги ва геостационар ЕСЙнинг орбита тезликлари билан даврлари

Орбита	Ер юзидан баландлиги	Орбита тезлиги	Орбитал давр
Ернинг юзи, солиштириш учун	0 км	7,89 км/с	-
Пастки мос орбита	200–2000 км	Айланма 6,9–7,8 км/с Эллипс 6,5–8,2 км/с	89–128 мин
Геостационар	35786 км	3,1 км/с	23 соат 56 мин



### Бу қизик!

1957 йилнинг 4 октябрида бизнинг планетамизнинг энг биринчи Ернинг сунъий йўлдоши пайдо бўлди (**17-расм**). Совет Иттифоқи «Спутник-1» сунъий йўлдошини Ер атрофидаги орбита учирди, у планетани 24500 км/соат тезлик билан айлануб, 92 кун учди, ундан кейин атмосферага кириб ёниб кетди.



**17-расм.** Биринчи ЕСЙ

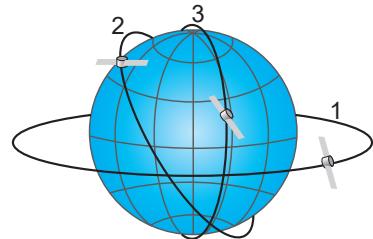
Ер йўлдоши орбитаси Ерни айланиш текислигинг экватор текислигига бурилиши бурчаги билан тавсифланади (*18-расм*). Агар ЕСЙ орбитаси кутбли 3) бўлса, унда шу кутбларда экватор текислигига  $90^{\circ}$  бурчак бўйлаб айланади. Бундай Ер сунъий йўлдошлари планетанинг барча юзини ўргана олади, уларни геодезик тадқиқотлар учун қўлланилади. Агар Ер сунъий йўлдошини орбитаси экватор (1) ва Ер юзасидан учиш баландлиги 35786 км бўлса, унда Ернинг айланиш йўналиши бўйича учиб бораётган ЕСЙ геостационар орбитада бўлади ва Ер экваторининг бир нуқтасининг устида Ер билан бирга айланади. Бундай ЕСЙ Ер йўлдош боғланиш ўрнатиш учун қўлланилади. Экватор текислигига бурилиши  $90^{\circ}$ -дан кам (2) орбиталар навигация ЕСЙ учун қўлланилади.

#### **IV Ернинг сунъий йўлдошларининг турлари**

Ернинг сунъий йўлдошлари фан текширувлари учун ва хар хил халқ хўжалигидаги проблемаларни ечиш учун қўлланилади. Ер сунъий йўлдошларининг қуидагича турлари бор: метеорологик, астрономик, тадқиқотчилик, геофизик, телеалоқа, навигацион.

*Метеорологик ЕСЙ* – об-ҳаво ҳолатини башароти учун қўлланилади. Улар хар доим Ердаги станцияларга булат, Ернинг музли ва корли копламлари туридаги суратлар билан атмосферанинг турли қатламларидаги ва Ер юзаси температура ҳақидаги маълумотларни, ҳавонинг химик тузилиши, атмосфера босими тўғрисида аҳборотларни юбориб туради. Биринчи метеорологик ер йўлдоши *TIROS* 1960 йили 1 апрелда учирилди (*19-расм*). Замонавий метеорологик ЕСЙ қўринадигандагина эмас, балки инфрақизил спектрда пайкаладиган ҳодисаларни ҳам ёзиб турадиган радиометрлар билан жиҳозланган.

*Астрономик ЕСЙ* – планеталарни, галактика билан бошқа осмон обьектиларини текширишга мўлжалланган сунъий Ер йўлдошлари. Бундай аппараттарга электромагнит тўлқинларининг хар хил диапазонида таъсир этадиган орбитали телескоплар мисол бўла олади. Орбитага баъзи давлатларининг телескоплари чиқарилди, масалан, италиялик «AGILE», америкалик «Fermi Gamma-ray Space Telescope», шунингдек, инфрақизил тўлқинларининг диапазонида ишлайдиган япониялик «AKARI» телескопи. АҚШ чиқарган «Hubble Space Telescope» телескопи инфрақизил нурланишдан бошлаб, ультрабинафша нурланишгача бўлган диапазондаги космос обьектларини текширади (*20-расм*).



*18-расм. Ер сунъий йўлдошлари орбиталарининг турлари*



*19-расм. Ернинг биринчи метеорологик сунъий йўлдоши TIROS*



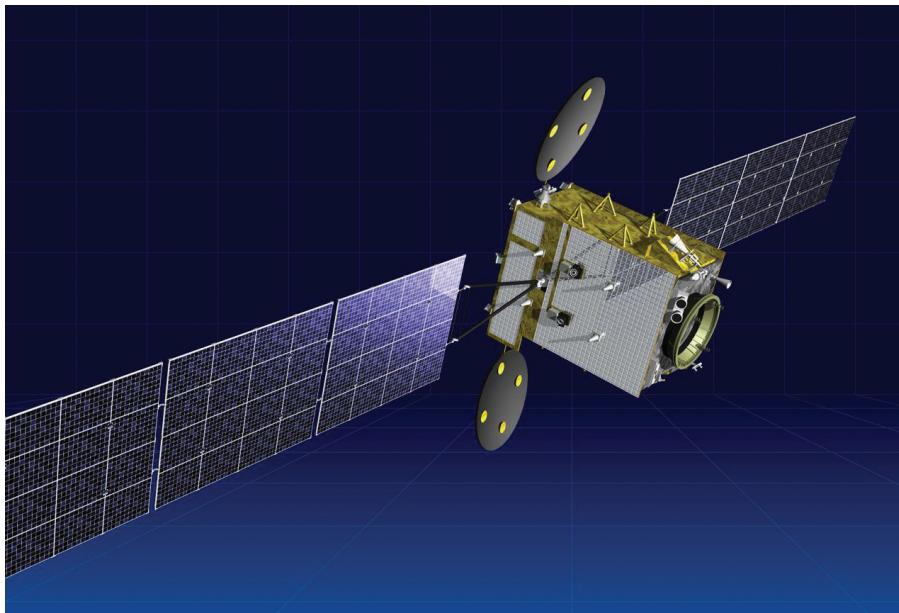
*20-расм. «Hubble» телескопи*

*Геофизик ЕСЙ* – Ерни масофадан тадқиқотни (ЕМТ) юзага оширадиган Ер йўлдошлари. Тушириш аппарати қабуллайдиган тўлқин узунлигининг диапозони ультрабинафшадан бошлаб, радиотўлқингача оралиқни ичига олади. Ернинг сунъий йўлдошлари флора билан фаунанинг ҳолатини, ҳаво дengиз оқимини текшириш учун, фойдали қазилмаларни қидириш учун қўлланилади. Бундай аппаратларга, масалан, «AQUA», «AURA», «Landsat» (21-расм) сериясидаги Ер сунъий йўлдошлари киради. Шу типдаги биринчи аппарат «Landsat 1» 1972 йили 23 июнда учирилди. Бу Ер сунъий йўлдоши бизнинг планетамизнинг сиртки қаватини текшириш ва ўрганиш учун маҳсус учирилган биринчи сунъий йўлдош экан.



*21-расм. Ерни масофадан текширишини амалга оширадиган «Landsat 8» Ер сунъий йўлдоши*

*Телеалоқа ЕСЙ* – қитъалар орасида телефон алоқаны ташкил қилиш, телеканалларни планетанинг барча худудларига таркатиш, интернет-маълумотларни Ернинг ҳар қандай нуқтасига юборишга мўлжалланган (22-расм). Бундай сунъий йўлдошлар билан тажриба ўтказишни АҚШ 1960 йили, Совет иттифоқи 1965 йили апрель ойида, Қозогистон 2006 йили бошлади.



22-расм. Қозогистон телеалоқа ЕСЙ KazSat3

*Навигацион ЕСЙ* – GPS системаси (23-расм) орқали планетадаги объектларни тез ва аниқ аниқлашга мўлжалланган Ер сунъий йўлдоши. Объектнинг ҳолати билан аниқ вақти ҳақида бир неча ер йўлдошларининг юборган маълумотларининг натижасида, Ердаги объектнинг жойлашишини аниқ ўн метргача аниқлик билан ўлчашга бўлади. Ҳозирги вақтда навигациянинг глобал системаси GPS билан ГЛОНАСС бўлади.

*Илмий-текшириши ЕСЙ* – биологик, шифокорлик ёки инженерлик ҳ.к. турли илмий текширишларни олиб бориш учун кўлланилади.



## V Қозогистон ЕСЙ

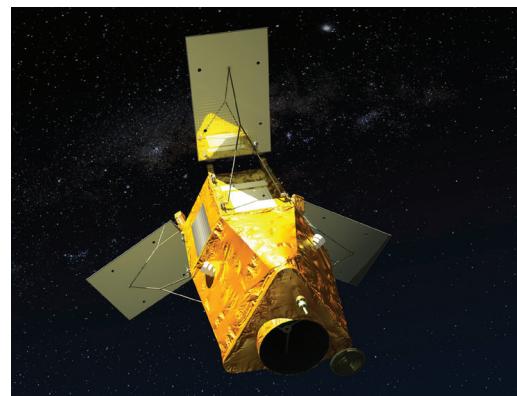
Қозогистоннинг биринчи Ер сунъий йўлдоши М.Хруничев номидаги Россия давлат космик илмий ишлаб чиқариш марказида йиғилиб, 2006 йили июнда Бой-кўнғир космодромидан учирилди. «KazSat-1» Ер сунъий йўлдоши енгил телеалоқа

23-расм. GPS навигацион системаси

геостационар сунъий йўлдош. Унга КР интернет-алоқа ва телехабар системаси кўчирилди. Бошқариш системасида файри табиий вазият ўрин олишига қараб, «KazSat-1» сунъий йўлдош 2008 йили 8 июндан бошқарилмайдиган учиш тартибига кўчди. 2009 йили 6–13 август оралиғида «KazSat-1» оғатли космик аппаратини йўқотиш орбитасига буриб юбориш чоралари ўтказилди, сабаби космик аппарати бошқа Ер сунъий йўлдошларнинг учишига хавф түгдира бошлаган эди.

2011 йили «Протон» ракета ташувчи билан «KazSat-2» ва 2014 йили «KazSat-3» ЕСЙ орбитага чиқарилди. ЕСЙ телевизион хабарларни тарқатишни таъминлаш КР худудига, Ўрта Осиё билан Россий марказий қисмларига Ер йўлдоши боғланиш системасида маълумотлар юборишга, шунингдек қозогистонлик ер йўлдоши боғланиш операторларининг эҳтиёжларини қондиришга асосланган. Кейинги «KazSat-4» Ер сунъий шўлдоши Нур-Султандаги йиғув-синов комплексида куришни режалаштирилмоқда.

Қозогистонда Ерни узоқлиқдан текшириш космик системасининг биринчи Ер сунъий йўлдоши – KazEOSat-1 (24-расм). У 2014 йили 30 апрелда Франциянинг Гвианадаги Куру космодромидан Ariane ракета ташувчи билан учирildи. FA ЕМ тўртача ўлчамда KazEOSat 2014 йили 20 июня Россиянинг «Ясный» космодромидан учирildи.



24-расм. КР Геофизик ЕМТ KazEOSat1

## Назорат саволлари

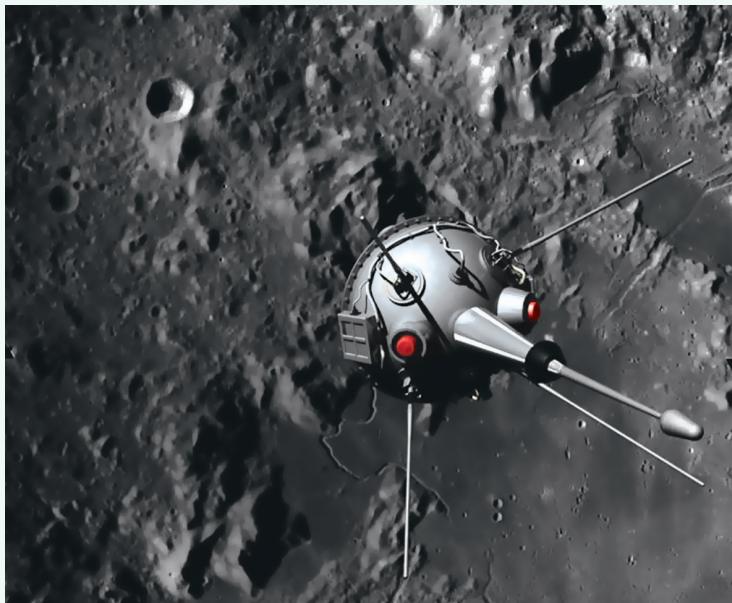
1. Бутун олам тортишиш қонунини таърифланг.
2. Тортишиш кучи жисмнинг қандай нуқтасига туширилади?
3. Осмон жисмларининг гравитацион майдонлари улардан узоқлашган сари қандай ўзгаради?
4. Ер сунъий йўлдошлари деганимиз нима?
5. Ер сунъий йўлдошларининг қандай турларини биласиз?

## ★ Машқ

5

1. 1961 йили 12 апрелда дунёда биринчи космонавт Ю.А. Гагарин бошқарган «Восток» космик кемаси Ердан энг катта баландликка (327 км) кўтарилди. Унга орбитада таъсир этган оғирлик кучи Ерда таъсир этган оғирлик кучидан неча фоиз кам? Космонавт нима учун вазнсиз ҳолатда бўлган?
2. Ер сунъий йўлдоши Ер юзасидан 600 км баландликда айлана орбита бўйича ҳаракатланиши учун қандай тезликка эга бўлиши керак? Унинг айланиш даври қандай?

- Ер юзасидан 21600 км баландликда ҳаракатланиб бораётган Ернинг сунъий йўлдоши тезлигининг Ер юзасидан 600 км баландликда ҳаракатланиб бораётган Ер сунъий йўлдошидан неча марта фарқи бор? Ернинг радиусини 6400 км деб олиш керак.
- Бойкўнғир космодромидан 1959 йилнинг 12 сентябрида «Восток-Л» ракетаси учирилди. У Ернинг табиий йўлдоши – Ойнинг учиш траекториясига «Луна-2» автоматлаштирилган планеталараро станциясини олиб чиқди, станция келаси куни Ойга қўнди. Бу Ойга ўрнатилган дунёдаги энг биринчи станция (25-расм). Станцияга таъсир этадиган Ернинг тортишиш кучи  $R_{Ep}$ ,  $2R_{Ep}$ ,  $3R_{Ep}$  масофаларда неча марта камайди?



**25-расм.** Автоматлаштирилган планеталараро станция «Луна2»

### Ижодий топшириқлар

- Қуёш билан қуёш системасидаги планеталарнинг орасидаги тортишиш кучини аниқланг. Олинган натижаларга таҳлил ясанг. Керакли маълумотларни қўшимча маълумотнома адабиётларидан олинг.
- Қуйидаги мавзулар бўйича маълумот тайёрланг (хоҳишига кўра):
  - «Энг биринчи Ер сунъий йўлдошининг учирилиши»;
  - «Космик қуроллардан қутулиш йўллари»;
  - «Нега Ер сунъий йўлдошлари тўқнашиши мумкин?»;
  - «Йўқотиш орбитаси».

## 6§. Гравитацион майдондаги жисмларнинг ҳаракати

### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- Горизонтга бурчак остида ва вертикаль отилган жисмнинг ҳаракати вақтидаги физик катталикларнинг ўзгаришини тавсифлай оласиз.



### Эсингизга туширинг!

Агар жисмнинг тезланиши унинг тезлиги билан йўналиши бир хил бўлса, унда ҳаракат текис тезланувчан бўлади.

Агар жисмнинг тезланиши унинг тезлигига қарама-қарши йўналса, унда ҳаракат текис секинланувчан бўлади.



### Жавоби қандай?

- Вертикаль юкорига отилган снаряд қандай ҳаракатланади?
- Унинг ҳаракати вертикаль пастга тушганда қандай ўзгаради?

### I Тезланиш, гравитацион майдонда вертикаль ҳаракатланган жисмнинг оний ва ўртacha тезлиги

Жисм Ернинг тортишиш кучи таъсиридан эркин тушиш тезланиши билан ҳаракатланади. Бундай ҳолатда ҳаракатни эркин тушиши дейилади. Тезланиш – тезликнинг ўзгаришининг тезкорлигини тавсифлайдиган физик катталик экани маълум.

$$g_y = \frac{v_y - v_{oy}}{\Delta t}. \quad (1)$$

Ҳаракат тезлигининг бошлангич қиймати маълум бўлганда жисм ҳаракатининг оний тезлигини аниқлашга бўлади. *Оний тезлик* – жисмнинг ҳар қандай вақтдаги тезлиги.

$$v_y = v_{oy} + g_y t. \quad (2)$$

Тезликнинг вақтга боғлиқлиги – чизиқли. Демак, ўртacha тезликни алоҳида соҳадаги бошлангич ва охирги тезликларнинг ўртacha арифметик катталиги сифатида аниқлашга бўлади:

$$v_{opt} = \frac{v_0 + v}{2}. \quad (3)$$

### II Ҳаракатларнинг боғлиқсизлиги

Физиклар ҳаракатларнинг турини текшириш борасида жисм бир вақтда бир неча ҳаракатга қатнаша олишини ва бу ҳаракатлар бир-бирига таъсирини кўрсатмаслигини аниқлади. Масалан, горизонтга бурчак остида отилган жисм ҳаракати ҳаво қаршилигини ҳисобга олмай, икки тўғри чизиқли ҳаракатнинг: жисмнинг вертикаль эркин тушиши ва горизонталь йўналишда текис ҳаракатининг боғлиқлиги сифатида кўрилади. Ҳар бир ҳаракат тури мос равишда бир-биридан ўзгача қонунлар билан ва кинематик катталикни ҳисоблаш тенгламалари билан тавсифланади. Бу ҳаракатларга умумий нарса – ҳаракат вақти.



### Эсда сақланг!

Баллистика – Ер атмосферасига отилган жисмнинг ҳаракатини текширадиган фан.

### III Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракат траекторияси ва баллистика

Жисмни олис масофага отиш қадимдан текширилиб келинади. Қўл билан отилган тош ёки камондан отилган ўқ, милтиқдан отилган ўқ, тўп снаряди, баллистик ракета – шу соҳа ютуклари ҳисобланади.

Криминалистлар баллистик экспертиза юритиши орқали ўқ отувчининг ўрнини ва ундан отилган ўқнинг траекториясини аник аниқлай олади. Горизонтга бурчак остида отилган жисм *парабола* деб аталадиган эгри чизик бўйлаб ҳаракатланади. Уни ҳаракатнинг мустақиллик принципидан (ҳаво қаршилиги ҳисобламай) фойдаланиб, хеч қийинчиликсиз қуришга бўлади. Жисмнинг бошланғич тезлиги горизонталь бўладиган энг оддий вазиятни кўрайлил.

Қандайдир бир  $t$  вакт ўтган сўнг жисм горизонтал  $s_1 = v_0 t$  ва паст  $h_1 = \frac{gt^2}{2}$  қисми кўчади (26-расм). 2 $t$  вакт ўтгандан сўнг горизонталь қисми  $s_2 = 2v_0 t$ , вертикаль қисми  $h_2 = 4 \frac{gt^2}{2}$  тенг бўлади. 3 $t$  вакт ўтгандан сўнг кўчиш  $s_3 = 3v_0 t$  ва  $h_3 = 9 \frac{gt^2}{2}$  бўлади. Олинган нуқталарни бириктириб, жисм ҳаракатининг траекториясини оламиз.

Горизонтга бурчак остида отилган жисм ҳаракатининг траекториясини шунга ўхшаш оламиз. У учун олдиндан тезликни вертикаль ва горизонталь ташкил этувчиларга бўламиз. Горизонталь чизикка жисмнинг  $s_1 = v_{\text{гор}} t$ ,  $s_2 = v_{\text{гор}} 2t$ ,  $s_3 = v_{\text{гор}} t$  кўчишини қолдирайлил.

Вертикаль қисми бўйича

$$h_1 = v_{\text{верт}} t - \frac{gt^2}{2}, h_2 = v_{\text{верт}} 2t - \frac{g4t^2}{2}, h_3 = v_{\text{верт}} 3t - \frac{g9t^2}{2}.$$

Олинган нуқталарни қўшадиган бўлсак, парабола чиқади (27-расм).

### IV Максимал учиш масофасини таъминлайдиган отиш бурчагини аниқлашнинг яна бир усули

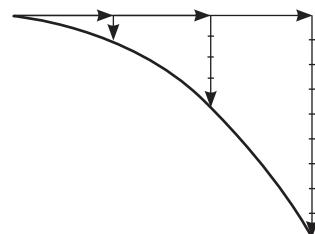
Жисмнинг максимал кўтарилиш вақти –  $t = \frac{v_{\text{верт}}}{g}$  тенг, ҳамма учиш вақти 2 марта кўп:  $t_n = 2t = \frac{2v_{\text{верт}}}{g}$ .

Учиш масофасини аниқлайлик:

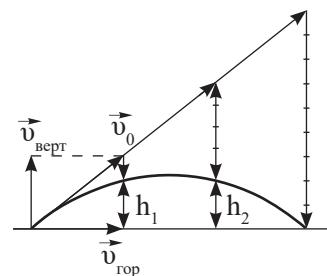
### Бу қизиқ!

**Улоқтирадиган машиналар** – ўрта асрларда кўлланган ҳарбий техника тури. Оғирлиги 22 килограмни ташкил қилган снаряднинг текис учиш масофаси 460 метр бўлган.

**Континентар баллистик-ракета** – учиш масофаси 5500 км бўлган ҳарбий ракета.



26-расм. Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракат траекторияси



27-расм. Горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракат траекторияси – парабола

$$l = v_{\text{top}} t = \frac{2v_{\text{top}} v_{\text{verpm}}}{g}.$$

Учиш масофаси бошланғич тезлик ташкил этувчиларининг күпайтмасига пропорционал. Тезликларнинг  $v_{\text{top}}$   $v_{\text{verpm}}$  күпайтмаси диагонали бошланғич тезлик бўлиб тўғри тўртбурчакнинг юзасига тенг (29-расм). Демак, тўғри тўртбурчак юзаси қанчалик кўп бўлса, шунча жисм узоқка учади.

Бундан  $v_{\text{top}} = v_{\text{verpm}}$ , бўлганда, бошланғич тезлик вектори горизонт чизиги билан  $45^\circ$  бурчак чиқади.

Аталган шарт бажирилганда учиш масофаси максимал бўлади.

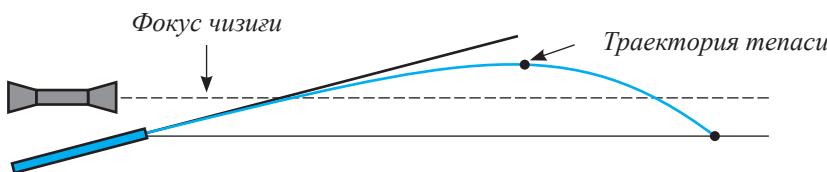
### Муҳим маълумот

Геометрия курсидан билганимиз, агар диагоналларнинг қиймати маълум бўлса, тўғри тўртбурчакнинг юзаси томонлари тенг бўлган вақтда максимал бўлади.

## V Моделлар усули ва ҳақиқий олам

Моделлар усули атроф-муҳитни танишнинг илмий усули бўлиб топилади. Бу усулнинг хусусияти – текшириладиган обьект тўғрисида енгиллаштирилган кўз қарашни шакллантириш, бу ўз навбатида моделлар асосида назариялар билан тадқиқотлар натижасига тушунтириш бера олади. Шунинг учун тажрибада назариянинг фойдаланиш чегарасини кўрсатиш керак.

Биз моделлар усулини кўллаб туриб, горизонтга бурчак остида отилган жисмнинг учиш масофаси максимал бўладиган бурчакни аниқладик. Биз муҳит қаршилиги бўлмайдиган холат намунасини ишлаб чиқдик. Олинган натижалар Ерга эмас, Ойга отилган жисм ҳаракатининг траекториясига яқин бўлди. Ҳаво қаршилиги учиш масофасини етарли камайтириб, ҳаракат траекториясини бузади (28-расм).



28-расм. Ҳавонинг қаршилиқ кучининг таъсиридан парабола траекториясининг ўнг томони бузилган

### Жавоби қандай?

- Биринчи дунё уруши вақтида (1918 йили) немислар Парижга доимий ҳаево ҳужумини олиб боради, бироқ кўп кечикмай француздар қаршилик кўрсата бошлиди. Немис штаби янги артиллерияли тақтиканни ташлади. Отиш бурчаги  $52^\circ$  бўлганда Парижни 110 км ортиқ масофада бомбардимон қилиши аниқланди. Агар отиш қуролини  $45^\circ$  бурчак билан отса, снаряднинг учиш масофаси 1 км ошмаган. Қандай ўйлайсизлар, бунинг сабаби нимада?
- Самолётларни ракеталар билан қуроллантириш вақтида бундай масала пайдо бўлди: самолётдан ташланган ракета самолётнинг учиш ўйналишига қарама-қарши ўйналишида ҳаракатланиши керак. Аммо ракеталар тескари бурилиб, ўзини ташлаган самолётнинг изига тушадиган бўлган. Шу ҳодисанинг сабабини тушунтиринг.

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Жисм вертикаль юқорига 16 м/с тезлик билан отилди. Қандай баландликда жисмнинг ҳаракат тезлиги 4 марта камаяди?

**Берилган:**

$$v = v_0 / 4 = 4 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$h - ?$$

**Ечиш:**

Ҳаракат тенгламасини ёзайлик:

$$v = v_0 - gt, \quad (1)$$

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}, \quad (2)$$

$$(1) \text{ тенгламадан вақтни топсак: } t = \frac{v_0 - v}{g} = \frac{16 - 4}{10} = 1,2 \text{ с.}$$

(2) формулага күйиб қуидагини оламиз:

$$h = 16 \cdot 1,2 - \frac{10 \cdot 1,2^2}{2} = 12 \text{ м.}$$

**Жавоби:**  $h=12$  м.

### Назорат саволлари

1. Қандай катталиктин тезланиш деб аталади?
2. Қандай тезликти оний деб аталади?
3. Ҳаракатнинг мустақиллігінинг қиймати нимада?
4. Горизонтта бурчак остида отилған жисм қандай ҳаракатланади?
5. Қандай шартда учиш масофаси максимал бўлади?
6. Моделлар усули физикада нима учун керак?



**Машқ**

**6**

1. Камондан 60 м/с тезлик билан горизонтта  $20^\circ$  бурчак ( $\sin 20^\circ \approx 0,34$ ;  $\cos 20^\circ \approx 0,94$ ) остида отилған ўқнинг бошланғич тезлигининг ташкил этувчиларини аниқланг (29-расм).



**29-расм.** Камон отиши бўйича республика биринчилига тайёргарлик машгулотлари  
Жамбул вилояти

2. Австралияда дорикниум деб аталадиган кичкина ўсимликлар ўсади. Ўсимликлар меваси қүёш нурлари билан қиздирилганда мевасидан уруғлар отилиб чиқади. Ўсимлик ўз уруғини тарқатиш учун олисроқ «отишга» тиришади. Агар ўсимликнинг баландлиги 70 см, уруг отилган масофа 2 м бўлса, ўсимлик ўз уруғларини горизонттага қараб қандай тезлик билан отади (30-расм)?



*30-расм.* Уруғларнинг ўсимликдан учши траекторияси – парабола

3. Кенгурунинг орқа оёклари улкан ва кучли. Шунинг учун кенгурулар сакраб кўчади ва думлари мувозанатни сақлади. Олимлар аниқлаган кенгуруларнинг энг узоқ сакраш масофаси – 13 м 63 см. Максимал сакраш баландлиги – 3 м 20 см. Кенгуру 13 м 63 см максимал сакраш баландлигига етиш учун ердан қандай тезлик билан сакраши керак? Кенгуру горизонттага  $30^\circ$  бурчак остида сакрайди деб олинг (31-расм).



*31-расм.* Кенгурунинг сакраши – горизонттага бурчак остида отилган жисемнинг мисоли

## **Экспериментал топшириқлар**

Горизонтта бурчак остида отилган жисм траекториясининг бузилиш даражасини жисм ҳаракатининг тезлиги ва отиш бурчаги орқали аниқлаш учун текшириш ўтказинг. Текширишда жисмнинг ўрнига сув оқимини олишга бўлади.

## **Ижодий топшириқлар**

Қуйидаги мавзулар бўйича маъруза тайёрланг (хоҳишига кўра):

1. Замонавий баллистиканинг ютуқлари.
2. Баллиста, унинг тузилиши ва қўлланилиши.
3. Ўрта асрдаги улоқтириш машиналари.

## 2-бобнинг хуносаси

Ньютоннинг I қонуни	Ньютоннинг II қонуни	Ньютоннинг III қонуни
$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$ $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0,$ $a = 0, v = \text{const}$	Илгарланма ҳаракат учун $\vec{F} = m\vec{a},$ $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$	$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$
<b>Бутун олам тортишиш қонуни</b>		
Бир-биридан узоқлаштирилган жисмлар учун $F = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$	Бошқа жисмнинг юзасида турган жисм учун $F = mg$	
<b>Гравитацион майдоннинг кучланиши</b>		
Осмон жисми юзасидан $h$ баландликдаги фазонинг нуқтаси учун $g = \frac{GM_K}{(R_K + h)^2}$	Осмон жисмининг юзасида $g = \frac{GM_K}{R_K^2}$	

### Динамика қонунлари

#### Ньютоннинг I қонуни

Жисмга куч таъсири этмаса ёки жисмга қўйилган куч таъсири мувозанатлашган бўлса, жисм текис тўғри чизиқли ҳаракатланадиган инерциал саноқ системалари бўлади.

#### Ньютоннинг II қонуни

Жисмнинг оладиган тезланиши унга туширган teng таъсири этувчи кучга тўғри пропорционал ва унинг массасига тескари пропорционал.

#### Ньютоннинг III қонуни

Жисмлар модули бўйича teng, йўналишлари қарама-қарши кучлар билан ўзаро таъсиrlашади.  
Улар бир чизик бўйича хар турли жисмга таъсири этадиган табиати бирдек кучлардан иборат.

### Глоссарий

**Динамика** (грек dynamic – куч) – жисмга таъсири этадиган кучларнинг таъсиридан бўладиган ҳаракатни ўрганадиган механиканинг бўлими.

**Оний тезлик** – жисмнинг ҳар қандай вақтдаги тезлиги.

**Тезланиш** – тезликнинг ўзгариш тезкорлигини тавсифлайдиган физик катталик.

3-БОБ

# СТАТИКА ВА ГИДРОСТАТИКА

Статика (грек. στατός – мувозанат фани) – моддий жисмларнинг куч таъсиридан бўладиган мувозанат ҳолатини текширадиган механика бўлими.

## Бобни ўқиб-билиш орқали сизлар:

- абсолют қаттиқ жисмларнинг массалар марказини аниқлашни ва ҳар турли мувозанат турларини тушунтиришни;
- Паскаль қонунини ва унинг қўлланилишини тавсифлашни;
- гидростатик босим терминини тушунтиришни ўрганасизлар.

## 7§. Массалар маркази. Мувозанат турлари

### Кутиладиган натика

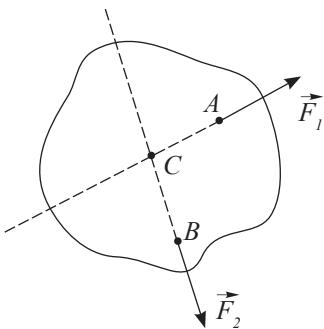
Бу параграфни ўзлаштиргандай:

- абсолют қаттық жисмларнинг массалар марказини топа оласизлар өз ҳар турли мувозанат турларини тушунтира оласиз.



### Үз тажрибангиз

Нотўғри шаклдаги жисмнинг массалар марказини топинг (32-расм).



32-расм. Жисмнинг массалар марказини аниқлаши



### 1-топширик

Жисмнинг массалар маркази координаталарини аниқлайдиган практик топшириқларни ечишнинг алгоритмини тузинг.



### Үз тажрибангиз

Жисмга куч чизиғи массалар марказидан орқали ўтмайдиган куч туширинг. Ҳаракат турини тавсифланг.

### I Жисмнинг массалар маркази

Сизлар 7-синфда физика курсидан **массалар маркази** ва **оғирлик маркази** деган тушунчалар билан танишсиз.

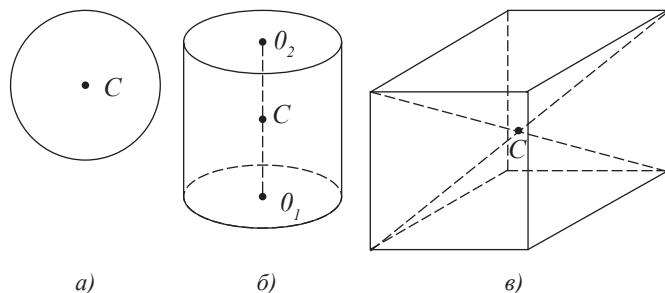
**Оғирлик маркази – ҳар қандай ҳолатда жисмга таъсир этадиган оғирлик кучининг тушиш нуқтаси.**

**Массалар маркази – жисмнинг илгариланма ҳаракатда қўйилган куч чизиқларининг кесишиш нуқтаси.**

Ер юзида барча ўзаро таъсирларда оғирлик маркази массалар маркази билан тўғри келади, сабаби барча жисмларнинг ҳажми Ерга қараганда жудаям кичик бўлади.

Аниқ шаклдаги жисмнинг массалар маркази унинг симметрия маркази билан тўғри келади. Шар, узук, диск учун уларнинг геометрик маркази (33 а) расм), цилиндр билан труба учун ўқ маркази бўлиб топилади (33 б) расм). Куб, тўғри бурчакли параллелепипед учун бу диагоналларининг кесишиш нуқтаси бўлади (33 в) расм).

Жисмларнинг бир неча куч таъсиридан илгарилана ҳаракатини қараганда, биз уларни жисмнинг барча массаси тўпланган моддий нуқта билан алмаштиридик, у **массалар маркази** бўлади.



33-расм. Аниқ шаклдаги фигуранларнинг массалар маркази уларнинг геометрик марказида жойлашган

### II Абсолют қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракатининг шартлари

Бизни атрофимизда жисмлар илгариланма ва айланма ҳаракат қиласи. Жисмга қўйилган куч

таъсири ёки барча кучларнинг тенг таъсири массалар маркази орқали ўтса, жисм ҳаракати илгариланма бўлиши маълум. Кучнинг таъсиридан ҳаракат чизиги массалар маркази орқали ўтмайдиган жисм айлана ҳаракат қиласди.

Иморатлар билан кўприкларга, ҳар тури қурилишларга турли табиий ва техник кучлар таъсир этади, аммо улар тинч ҳолатини сақлаши керак. Тинчликдаги жисмни мувозанатдаги жисм деб аталади. *Статикада абсолют қаттиқ жисмнинг мувозанат ҳолати текширилади.*

### III Абсолют қаттиқ жисмнинг мувозанат шарти

Кейинги икки шарт бажарилганда жисм мувозанат ҳолатда бўлади:

1. Жисмга қўйилган ташқи кучларнинг йигиндиси нолга тенг булганда:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0. \quad (1)$$

2. Барча ташқи кучларнинг моментининг йигиндиси ҳар қандай айланиш ўқига нисбатан нолга тенг бўлганда:

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0, \quad (2)$$

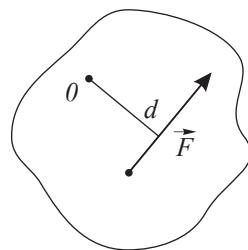
$$M = Fd$$

бунда  $M$  – куч моменти,  $d$  – куч елкаси (34-расм). Агар куч жисмни соат стрелкаси йўналишига қарши айлантирилса, унда куч моменти мусбат, агар соат стрелкаси йўналиши билан айлантирилса, манфий бўлади.



#### Эсада сақланг!

Абсолют каттиқ жисм – куч таъсир қилганда зарраларининг масофалари ўзгармайдиган жисм.



**34-расм.** Елка ҳаракат қиласидиган куч чизиги билан тик бурчак ясайди



#### Жавоби қандай?

1. Нима учун таъсир этиши чизиги жисмнинг массалар маркази орқали ўтмайдиган куч таъсиридан айлана бўйлаб ҳаракатланади?
2. Нима учун узун новни бир учидан ушлагандан кўра кўндаланг қўйиб, ўртасидан ушлаган осон?

### IV Мувозанат турлари

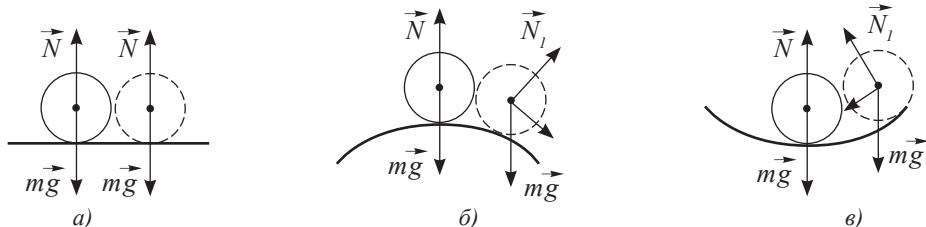
**Мувозанат – жисмнинг ёки жисмлар системасининг қўйилган куч таъсиридан тинч ҳолатини сақлаши.**

Мувозанатнинг уч тури бўлади – турғун, нотурғун ва бефарқ (37-расм).



## 2-төпширик

35-расмда күрсатилган мувозанат турларини атанг.



35-расм. Мувозанат турлари

**Агар мувозанат ҳолатидан чиқарилған жисм бошланғич ҳолатга қайтиб келса, унда мувозанат турғун мувозанат деб аталади.**

Жисм турғун мувозанат ҳолатидан чиқарилғанда жисмни мувозанат ҳолатига қайтарадиган күчлар пайдо бўлади. Турғун мувозанат ҳолатида жисмнинг оғирлик маркази барча мумкин вазиятларнинг энг пастки қисмида бўлади. Турғун мувозанат ҳолатида жисм энг кам потенциал энергияга эга бўлади. Масалан, тебранадиган кресло турғун мувозанатга эга.

**Агар жисм мувозанат ҳолатидан чиқарилған, ундан кейин ҳам мувозанат ҳолатидан оғса, мувозанат нотурғун деб аталади.**

Нотурғун мувозанат ҳолатидаги жисм ўрнидан салгина оғса ҳам, жисмга таъсир этадиган күчларнинг тенг таъсир этувчи кучи унинг оғишини орттиради. Нотурғун мувозанат ҳолатида оғирлик марказининг баландлиги энг улкан бўлади, демак жисмнинг потенциал энергияси максимум қийматга эга бўлади. Нотурғун мувозанат ҳолатга дорчи (баландликка тортилган арқон устида санъат кўрсатувчи одам) мисол бўлади (36-расм).

**Агар мувозанат ҳолатидан чиқарилған жисм ўзининг ҳолатини ўзгартирмаса, мувозанат аҳамиятсиз деб аталади.**

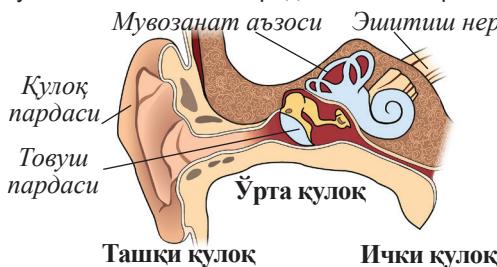


36-расм. Дорчи турғун мувозанат ҳолатида

Бефарқ мувозанат вақтида жисмнинг потенциал энергияси ўзгармайди, сабаби оғирлик марказининг баландлиги бошланғич вазиятида қолади. Бефарқ мувозанат горизонтал текислик билан думалаб кетаётган ғилдиракка, шар, шарсимон жисмларга таалуқли.

## Бу қизиқ!

Одамлар билан ҳайвонларнинг қулоғи фақат эшитиш хизматигина бажармайды, қулоқнинг ички қисмида жисмнинг мувозанатига жавоб берадиган аъзо бор.



## 3-топширик

Турғун, нотурғун ва бефарқ мувозанатда бўладиган жисмларга мисол келтиринг.

## Бу қизиқ!

Майкл Грэб – тошдан ажойиб конструкцияли ҳайкаллар ясашни билган америкалик суратчи (38-расм). У хеч қандай ўрнатадиган материалларни фойдаланмасдан тошдан ажойиб ҳайкаллар ясади.

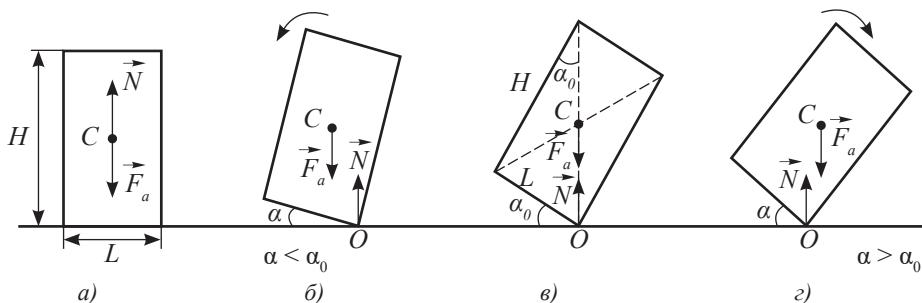


## V Таянч жисмнинг мувозанат барқарорлиги. Ағдарилиш

Бизни атрофимиздаги жисмлар, яъни иморатлар, жихозлар билан кундалик турмушдаги нарсалар, машиналар, аргумчоқ, одамлар ҳам маълум бир таянчга таянади. Қандай ҳолларда иморатларнинг барқарорлиги ортишини аниқлайлик. Жисмнинг мувозанат барқарорлигини қарайлик (39-расм). Жисм маълум бир чекли бурчакка буришга бўлади, ундан кейин ағдарилиб тушади. Чекли бурилиш бурчаги геометрик турда аниқланади:  $\tan \alpha_0 = \frac{L}{H}$  (39 б) расм.

Тажриба борасида таянчга таянган жисмни унинг оғирлик маркази орқали ўтган вертикал таянч юзаси билан кесишишгача бурашга бўладиганига ишонч ҳосил қилиш мумкин (39 в) расм). Бу ҳолда жисм соат тилининг йўналиши қарши айланади, бошланғич ҳолатига қайтади. Вертикал таянч юзасидан бошқа ҳолатга ўтганда жисм ағдарилади (39 г) расм). Демак, таянч юзаси жуда кўп ва жисм камроқ бўлгани сайин янада барқарор бўлади.

Жисмнинг массалар маркази барқарор мувозанати вақтида энг кичик баландликда бўлади, у  $H/2$ дан (39 а) расм). Барқарор мувозанатда массалар марказининг баландлиги максимум қийматигача кўтарилади (39 в) расм).



Агар жисемнинг оғирлік маркази орқали ўтадиган вертикаль тұғри чизиқ шу жисемнинг таянч үзасидан бошқа худудға чиқмаса, унда таянч үзаси бор жисем мувозанат ҳолатда бўлади.



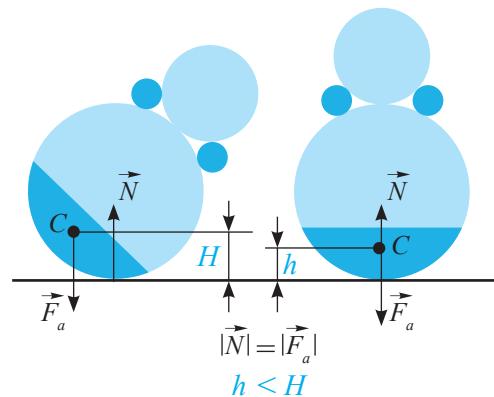
## Жавоби қандай?

- Нега ҳашаматли иморатларнинг юқори қисми учли қилинади (40-расм)?
- Айланадиган үйинчоқларнинг ҳаракатланиши принципини тушунтириңг (41-расм).



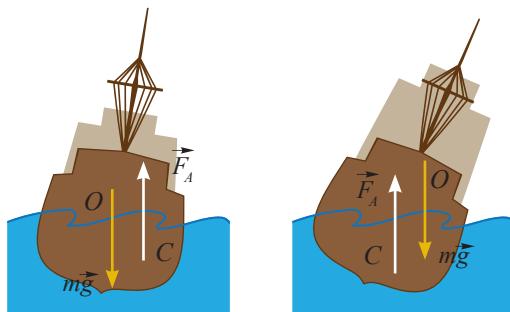
**40-расм.** Дубайдаги 163 қаватли улкан иморат, баландлыги 828 м.

- Айланадиган үйинчоқларнинг ҳаракатланиши принципини тушунтириңг (41-расм).



**41-расм.** Айланадиган үйинчоқ барқарор мувозанатга эга

- Нега юкни кеманинг палубасига әмас, балки трюміга қуыш керак (42-расм)?



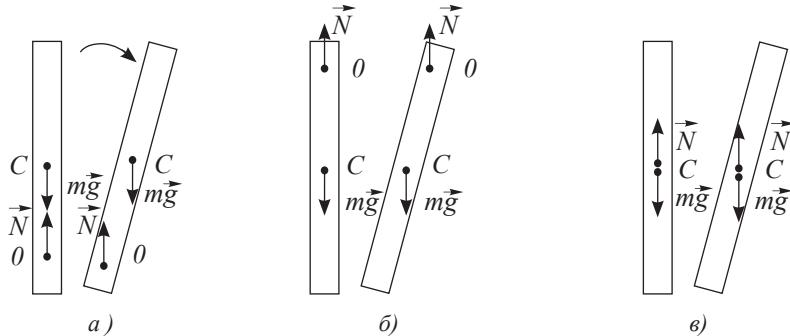
**42-расм.** Кеманинг ўзгармас ва барқарор мувозанат холатлари

## VI Илгичдаги жисмнинг мувозанати

Агар жисмнинг  $C$  оғирлик маркази орқали ўтадиган вертикал түғри  $O$  айланиш ўки орқали ўтадиган бўлса, айланиш ўки бор жисм мувозанат ҳолатда бўлади (*43 а) расм*).  $C$  оғирлик маркази айланиш ўқидан юқори бўлса, бу мувозанат нотурғун холати саналади.

Агар оғирлик маркази айланиш ўқидан пастда бўлса, унда мувозанат ўзгармас бўлади (*43 б) расм*). Ҳар қандай оғишда жисм мувозанат ҳолатига ўтади.

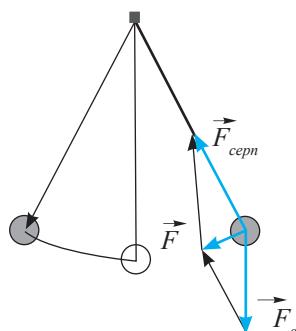
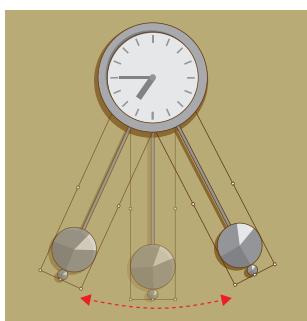
Агар оғирлик маркази билан айланиш ўки мос келса (*43 в) расм*), унда мувозанат ҳолати бефарқ бўлади.



*43-расм. Айланиши ўқидаги жисм мувозанати*

Аҳамиятсиз ҳолат денгиз жониворларига итбаликларга, китларга, моржларга таалуқли.

Турғун мувозанатга механик соатнинг маятниги ётади (*44-расм*). Маятникни мувозанат ҳолатидан оғиши учун куч ишлатиш керак.



*44-расм. Соат маятниги турғун мувозанат ҳолатига ўтяпти*

### Назорат саволлари

1. Қандай шартларда жисм айланма ҳаракатга ўтади?
2. Статика нимани текширади?
3. Қандай ҳолда жисм мувозанат ҳолатда бўлади?

4. Мувозанатнинг қандай турлари бўлади?
5. Қандай шароитда жисм турғун, нотурғун, аҳамиятсиз ҳолатга киради?
6. Қандай шароитда таянчдаги жисм ағдарилади?



## Машқ

7

1. Узунлиги 12 м гўланинг унинг йўғон бўлагидан 3 м масофада турган таянчга горизонтал мувозанат вазиятга келтиришга бўлади. Агар таянч гўланинг йўғон қисмидан 6 м масофада жойлашиб, ингичка қисмига массаси 60 кг ишчи ўтиrsa ҳам, мувозанат вазиятда бўлади. Гўланинг массасини аниқланг.
2. Massаси 10 кг, узунлиги 40 см новнинг учларига массаси 40 кг ва 10 кг юклар илинганд. Нов мувозанат ҳолатда бўлиши учун уни қайси еридан тираб кўйиш керак?
3. Цилиндрли новнинг бир қисми пўлатдан, қолган қисми алюминийдан ясалган. Агар новнинг узунлиги 30 см бўлса, оғирлик маркази қандай?

## Ижодий топшириқлар

1. Ўзингизда бор материалдан айланадиган ўйинчоқ ясанг.
2. Келаси мавзулар бўйича маъруза тайёрланг (хоҳишига кўра):
  - «Цирк трюкларининг мувозанат турлари».
  - «Ҳар хил спорт турларидаги мувозанатнинг роли».

## 8§. Туташ идишлар. Паскаль қонунининг құлланилиши

### Күтиладиган натика

Бу параграфни ўзлаштиргендә:

- Паскаль қонуны ва унинг құлланилишини таесифлай оласиз.



### Жавоби қандай?

1. Шаффофф ПХВ шланг (45-расм), сүвнинг ва акварель бўёғи ёрдамида бутун пардан қандай кўндаланғ осишига бўлади?



45-расм. Шаффофф ПХВ шланги

2. «Даража» қуроли нима учун керак? Уни қандай қўлланади (46-расм)?

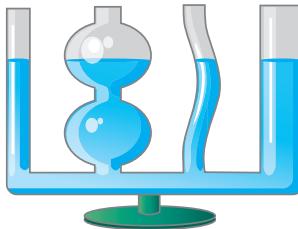


46-расм. «Даражса» қуроли

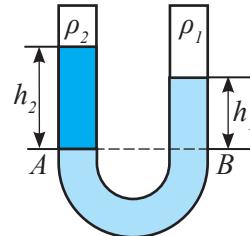
### I Туташ идишлар

Сизлар 8-синфдан шакллари ва ҳажмлари ҳар турли ўзаро туташтирилган идишлар *туташ идишлар* деб аталишини биласиз. Улар маълум бир хусусиятига эга. Агар туташ идишларга бир жинсли суюқлик қуйилса, унда идишдаги суюқликнинг сатхлари бир хил булади. Суюқликдаги босим кесим юзасига, шаклига ҳам боғлиқ эмас. Суюқликнинг бўши юзаси ҳажми ва шакли ҳар хил идишларда бир хил сатҳда бўлади (47-расм).

Агар идишга хўлламайдиган бир жинсли бўлмаган суюқлик қуйилса, унда уларнинг эркин сирти хар хил сатҳда бўлади (48-расм).



47-расм. Туташ идишлардаги бир жинсли суюқлик сатҳи идиши шаклига боғлиқ эмас



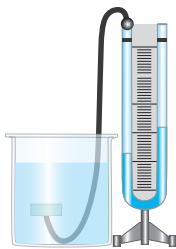
48-расм. Бир жинсли бўлмаган суюқликлар учун қуийидаги шарт бажарилади:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$$



### 2-топширик

Сув манометри кўрсаткичи бўйича идишдаги босимни аниклант (49-расм), чизғичнинг шкала қиймати 1 мм.



49-расм. Суюқлик босими-ни манометр билан ўлчаш



### 1-топширик

ПХВ шлангини, чизғич ва ёпишқоқ лентадан (скотч) фойдаланиб, манометр ясанг.

Уни капсула билан биркитириб, ичида суви бор идишнинг босимини ҳисобланг?



### Жавоби қандай?

1.  $p = \rho gh$  формуласини қўллаб, қандай катталаикни ҳисобладингиз?
2. Агар атмосфера босими 101 300 Па бўлса, унда идиши ичидаги босим нимага тенг бўлади?
3. Атмосфера босими 780 мм. сим. уст. бўлганда, идишдаги босимини ҳисобланг.
4. Суюқлик манометри билан атмосфера босимини ўлчашга бўладими?



**50-расм.** Құдуқларнинг чуқурлығы

### Жавоби қандай?

Нега артезиан құдуқтарини нотекис ерга солинади (50-расм)?

### 3-топшириқ

52 әд 53-расмларға қаранг. Фонтан түзилишідегі үхашашликтарни аникланғ. Улар қандай принцип билан ҳаракат қиласы.



**51-расм.** Артезиан құдуғы



**52-расм.** Версаль фонтанлари



**53-расм.** Петергоф фонтанлари

### Бу қызық!

Артезиан сувлари – «энг шириң» тоза сув, шунингдек аъзоларга фойдалы бир қатор минералларга, микрорэлементларга бошқа биологик моддаларга бой (51-расм).

### Жавоби қандай?

Нима учун артезиан суви энг тоза сув ҳисобланади?

### Бу қызық!

Ахолини сув билан таъминлаш учун римликлар бир неча километрга чўзилган тоғдан сув ташидиган – сув қувурларини соглан (54, 55-расмлар). Улар сув қувурлари буйича пастга қараб нишаб ясади. Жарликлар ўртасида сўлим ва манзарани тўлдирадиган қушли архазор ташкил этилган.



**54-расм.** Пон-дю-Гар – қадимий римтик акведук (сув бирлаидын канал). Ремулан яқинида Гар француз департаментидеги Гардон дарё орқали ўтади. Узунлиги 275 метр, баландлиги 47 метр. ЮНЕСКОнинг бутун олам мерос ёдгорлик



**55-расм.** Акведук, юқоридан олинган расм. Каталония, Испания. ЮНЕСКОнинг бутун олам мерос ёдгорлик

### Бу қизиқ!

Қозғистонда энг биринчи сув қувури 1911 йили Семей шаҳрида солинди. Сув қувурининг қурилишини Д.В. Елисеев бошқарди. Лойиха Москва шаҳрининг «Нептун» ширкати билан биргалиқда амалга оширилди. Сув тортувчи қурилма Иртиш дарёсига ўрнатилди, насос станцияси Семей дарёсининг соҳилига қурилди, сув ҳайдаш минораси шаҳарнинг энг баланд жойи Даңыяя ва Новосельская кӯчаларининг оралиғига ўрнатилди. (Жамақаев кўчаси) (56-расм).



**56-расм.** Сув ҳайдаш минораси, Семей шаҳри

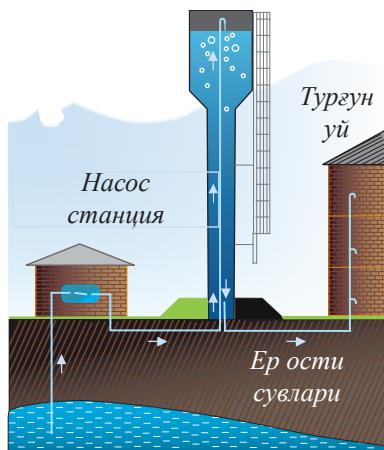
### Эсада сақланг!

Рим қувурларининг бири Аква Марцианинг узунлиги 100 км, бу унинг икки чети оралиғидан икки марта ортиқ. Римликлар туташ идишлар қонунини билмаган. Оддий физика қонунини билмаслик оқибатида улар 50 км дан ортиқ тошётқизди.

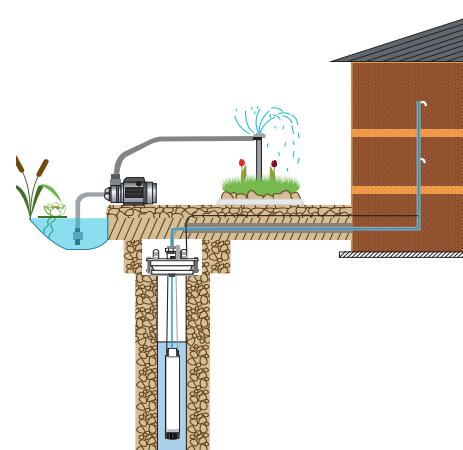


### Жавоби қандай?

Нима учун сув ҳайдаш миноралар тирихий объект бўлиб саналади?



**57-расм.** Сув ҳайдаш минорасидаги қувурлар



**58-расм.** Ташиб ва сувга ости асослари бор сув қувурлари



#### 4-топшириқ

57 ва 58-расмларни солишириңг. Расмдаги сув қувурларининг фарқи ва ўхшашликлари ни аниқланг.

#### II Паскаль қонунининг қўлланилиши

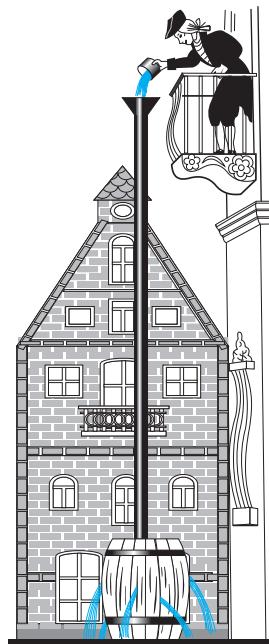
Паскаль қонуни кенг қўлланишга эга. Паскаль қонунига асосланган қурилмалар ва биноларга мисол келтирайлик, гидравлик пресс, гидравлик домкрат, пневматик машиналар билан қурилмалар (майдалаш ёки болгалаш). Тўғонлардаги кемаларни шлюзларда кўтаришга ва туширишга мўлжалланган сув қурилмалари. Ўлчов асбоби – суюқлик манометри.

Пуфлама резина маҳсулотлари – коптот, батутлар, велосипед камералари, пуфлама шарлар. Сув билан таъминлаш системаси – фонтанлар, артезиан қудуқлари, сув ҳайдаш миноралар, сув сепкичлар, сачраткичлар, гидрозамбараклар.



#### Эсингизга туширинг!

Суюқлик босимининг унинг устуни баландлиги ва зичлигига боғлиқлигини 1648 йили Б.Паскаль тажриба натижасида исботлаган. У диаметри 1 см ва баландлиги 5 м трубани ичидаги суви бор ёпиқ эман бочкасига солди. 2 чи қават балконидан Паскаль шу қувурга бир қатрон сув қўйди. Бочка ичидаги босим шунчалик кўтарилдики, бочкини сув тешиб ундан сув оқа бошлаган (59-расм).



59-расм. Б.Паскаль тажрибаси

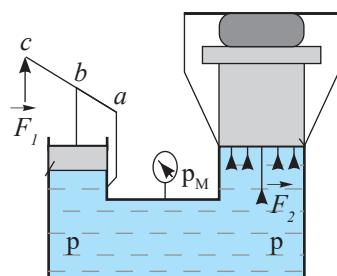


#### 5-топшириқ

Паскаль қонуни асосида туташ идишларнинг хусусиятларини тушунтиринг.



60-расм. ШКВ Иртиши дарёсидаги Шульбинск ГЭСнинг биркамерали шлюзи

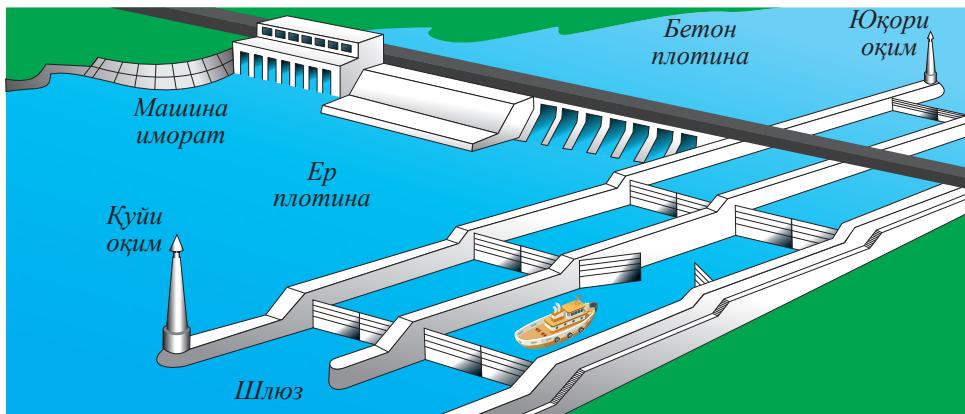


61-расм. Гидравлик пресс



## 6-топширик

60–62-расмларни кўринг. Гидравлик пресс билан шлюзнинг ҳаракат принципини тушунтиринг.



**62-расм. Шлюзнинг принципиал схемаси**

### Назорат саволлари

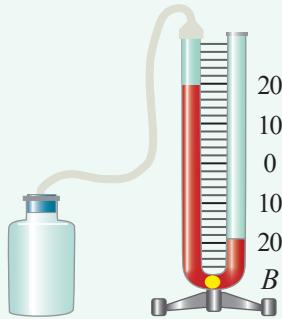
1. Қандай идишлар туташ идишлар деб айтилади?
2. Туташ идишлар қандай хусусиятга эга?
3. Паскаль қонунининг асоси нимада?
4. Паскаль қонунини амалда қўлланилишига мисоллар келтиринг.



### Машқ

8

1. Манометр кўрсаткичи бўйича идишдаги газ босимини аниқланг (63-расм). Атмосфера босимини 100 кПа деб олинг.
2. Паскалнинг машҳур тажрибасида суви бор бочкадаги босим трубадаги сув оғирлигидан пайдо бўлади. Жисмга таъсир этадиган кучни орттирсак, унда босим ҳам ортади. Демак бир трубанинг ўрнига иккитасини олсан (64-расм), унда бочка қатламларидағи сув босими икки марта ортиши керак. Суюкликка таъсир этадиган босимни ўлчайдиган манометр бир трубани иккитага алмаштирганда кўрсатишини ўзгартирмайди. Фикрнинг хатоси нимада?
3. Поршенларининг юзаси  $5 \text{ см}^2$  ва  $0,5 \text{ м}^2$  бўлган гидравлик пресснинг куч жиҳатидан максимал ютишини аниқланг.



**63-расм.** 8-машкынинг 1-масаласига



**64-расм.** 8-машкынинг 2-масаласига

### Экспериментал топшириқлар

- Кичик тешиклардан иборат полиэтиленли түрвага сув қуиб, босимнинг барча йұналишда бирдек узатилишига ишонч ҳосил қилинг (65-расм).

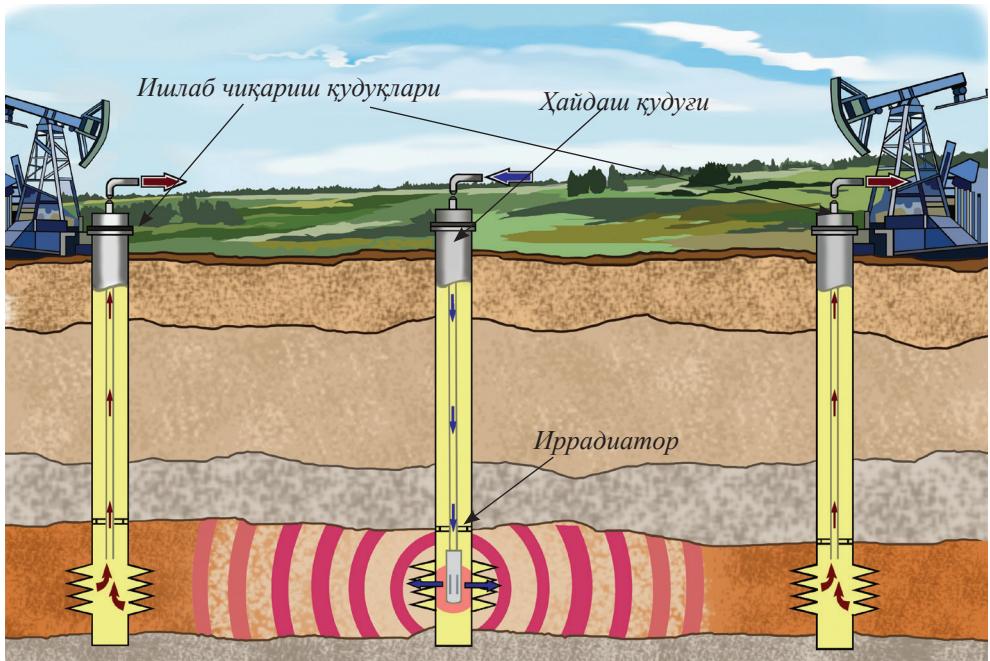


**65-расм.** 1-эксперимент топшириқ учун

- Құлларингизга түрвани кийиб. Құлларингизни суви бор идишга солинг. Сув құлларингизга ҳамма томонидан қоплашиға эътибор беринг.
- Суви бор ёпиқ идишга най солинг. Найдан сув түқилиши учун нима қилиш керак (66-расм)? Қилинган тажриба асосида қувур бүйича нефтьнинг күтарилиш технологиясини тушунтиринг (67-расм).



**66-расм.** 3-эксперимент топшириқ учун



*67-расм. З-эксперимент топширик учун*

### **Ижодий топшириқлар (хоҳишига күра)**

1. «Паскаль қонунининг техникада қўлланилиши» мавзусида презентация доклад тайёрланг.
2. Фонтан моделини қуринг.

## 9§. Торричелли тажрибаси. Атмосфера босими

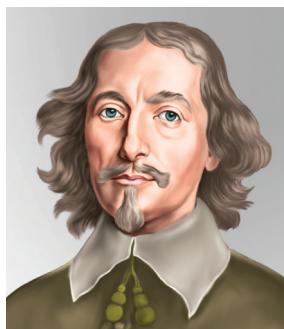
### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- гидростатик босим терминини тушунтира оласиз.



**Ал-Хайсам** – араб кўпиррали ўқимишли, математик, физик ва астроном (XI аср).



**Отто фон Герике** – немис физиги, инженер ва философ (XVII аср).

### I Атмосфера ва унинг хоссалари ҳақида олимларнинг фикри. Торричелли тажрибаси

Аристотель ҳавонинг оғирлиги бор ва у тўрт моддий элементнинг бири деб ишонар эди. У сийраклаштирилган коинотнинг сўрувчи таъсири борлигини билди ва «табигатда бўш жой бўлмайди» деган холосага келган.

Ал-Хайсам ҳавонинг оғирлиги бор эканини ва ҳавонинг зичлиги баландлик ошган сари камайишига ишонч ҳосил қилган. Кун ботиш вақтининг узоқлигини кузатиб, Ал-Хайсам атмосфера баландлиги 40 километр деб тахмин қилди.

Италиялик усталар кудук қуришда насос ишини текшириб, Галилей сув устунининг чекли баландлиги 18 тирсак (10 м атрофида) эканлигини аниқлади. У атмосфера босимни аниқ далил билан баҳолади.

Ҳаво насосини ўйлаб топгандан кейин Герике ҳавоси бор идиш билан ҳавоси ҳайдаб чиқарилган идишни ўлчади. У «ҳаво жисмга тегишли» деб айтли. Таниқли магдебург ярим шарлар билан ясалган тажрибалар натижасида у атмосфера босими борлигига ишонч ҳосил қилди (*68-расм*).



**68-расм.** 1654 й. О. Герикенинг магдебург ярим шарлар билан ўтказган тажрибаси



### Жавоби қандай?

- Атмосфера босими қандай ўлчанади?
- Нормаль атмосфера босими нимага тенг?
- Одам қандай нафас олади?
- Ернинг ҳаво қатламиининг массаси нимага тенг?

Саккыз отлар жуфти ичидаги ҳавоси чиқарылған шарни кийинлик билан ажратди. Шар ажралғанда милтиқ отилгандай товуш эшитилди. Ярим шар бўшлиғига ҳаво юборилғанда, уларни ажратиш кийин бўлмади.

1646 йили Паскальнинг сув барометри билан ясаган тажрибаси атмосфера босимида сув 10,13 м баландликка кўтарила олишини исботлади. Барометрдаги сув устунининг баландлиги унинг денгиз сатҳидаги баландлигига боғлиқ. Шунинг учун Торричелли хulosасини тузатди.

Торричелли симоб устунининг босими билан солишириб, атмосфера босимини ҳисоблаб чиқди. Тажриба кутилган натижা берди, симоб берилган баландликда тўхтаб, устидан «торричелли бўшлиғи» пайдо бўлди (69-расм).

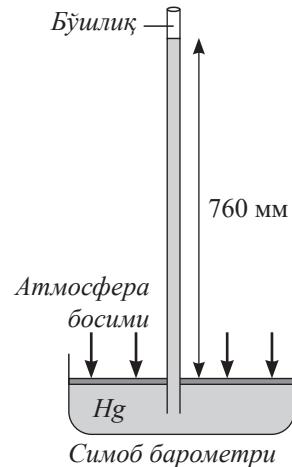
Олим симоб устунининг баландлиги ўзгарувчан эканлигини пайқади: кун очик кунлари курғоқ ҳавода кўтарилади, шамол, нам об-ҳавода камаяди. Бу устун баландлигининг атмосфера босимига боғлиқ эканига далил бўлди. Найдаги суюқлик босими *гидростатик босим* дейилади.

### Мұхым маълумот

Торричелли тажрибаси 1643 йили атмосфера босими-нинг бор эканини исботлаш учун бажарилди (69-расм). У бир учи кавшарланган шиша найни симоб билан тўлдириб, очик учини симоб қуйилган косага ботирди; найдан симобнинг бир қисми косага қуйилди, найда атмосфера босимига тенглашган симоб баландлиги қолди. Симоб баландлиги юзасидаги бўшлиқ *Торричелли бўшлиғи* деб аталди.



**Эванджелиста Торричелли** – италиялик математик ва физик, Галилейнинг шогирди (XVII аср).



**69-расм.** Торричелли тажрибаси

### Жавоби қандай?

- Нима учун сув томизгичдан сув оқиб кетмайди (70-расм)?
- Автоновнинг ишлаш принципини тушунтириңг (71-расм).



**70-расм.** 1-сўроқ учун

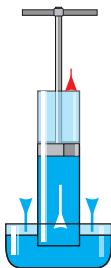


**71-расм.** Товуқлар учун автонов

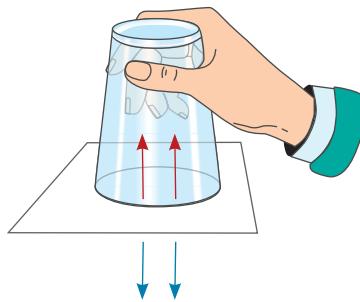


### Ўз тажрибангиз

- Сувнинг поршень билан бирга кўтарилишини кузатинг (72-расм). Сувнинг поршень билан бирга кўтарилишига нима таъсир қилади?
- Стаканга тўлгунча сув қўйиб, бетини қофоз билан беркитинг. Қофозни қўл билан тутиб турив, стаканни тўнкаринг (73-расм). Қофоздан қўлларингизни олинг. Нима учун қофоз стакандаги сувни ушлаб туришини тушунтиринг.



72-расм. 1-тажриба учун



73-расм. 2-тажриба учун

## II Атмосфера босими

Торричелли қурилмаси энг биринчи барометр бўлди. Тоғдаги, шахтадаги, сув остидаги атмосфера босими ўлчаниб, 12 м баландликка кўтарилиганда босим тахминан 1 мм сим. уст. камайгани аниқланди.

Торричелли тажрибасидан кейин асосий хусусиятлари босим ва температура бўлиб об-ҳавони илмий турда текшириш бошланди. Вақт утиши билан симоб барометрининг ўрнига барометр-анероид келди (74-расм).



74-расм. Барометр-анероид



### Эсингизга туширинг!

- Суюқлик устунининг босимини шу формула бўйича аниқланади:  

$$p = \rho gh.$$
- Қўзгалмайдиган суюқликнинг босими гидростатик босим деб ҳисобланади.
- Атмосфера босими 12 м баландликка кўтарилиганда 1 мм сим.уст. камаяди.
- Нормаль атмосфера босимга деңгиз сатҳидан 760 мм сим.уст. тенг босимни билдиради.



### Эсда сақланг!

Атмосфера босимининг ўлчов бирлклари 1 Па, 1 гПа, 1 мм сим.уст.

**Ўлчов бирлкларининг багланиши:**

$$1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па}$$

$$1 \text{ мм сим.уст.} \approx 133,3 \text{ Па}$$



**75-расм.** Дунёдаги энг чуқур шахта Тау-Тона, ОАР.  
5000 метр

### 1-төпширик

1. Барометр-анероид шкала күрсаткичи ва бўлим қийматларини аниқланг.
2. Чуқурлиги 600 м (Қарағанди кўмир шахтаси) шахта тубига тушганда асбоб кўрсатиши қандай ўзгаради?
3. Чуқурлиги 5000 метр ОАРдаги энг чуқур Тау-Тона шахтасидаги атмосфера босимини аниқланг (75-расм).

### Бу қизиқ!

Водалаз ва кессон (сув остида маҳсус қурилишлар солиш учун конструкциялар) ишчилари – катта босимда иш бажаришга мажбур. 10 м чуқурликка тушганда босим икки марта, 100 м чуқурликка тушганда 11 марта ортади.

### 2-төпширик

1. 760 мм.сим.уст. = 101 300 Па эканини исботланг.
2. Босимнинг Па билан ифодаланг.

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

**Масала:** Самолёт 2100 м баландлиқда учади. Самолётнинг сиртидаги ва ичидағи ҳаво босимини солиштириңг. Самолётнинг ичидағи босим нормаль босимга тўғри келади. Кўрсатилган баландликдаги атмосфера босимини аниқланг.

**Берилган:**

$$h = 2100 \text{ м}$$

$$p_1 = 760 \text{ мм.сим.уст.}$$

$$\Delta p - ? \quad p_2 - ?$$

**Ечиш:**

12 м баландликка кўтарилигданда атмосфера босими

1 мм.сим.уст.-га камаяди. Пропорция тузамиз:

$$1 \text{ мм.сим.уст.} : 12 \text{ м}$$

$$\Delta p, \text{мм.сим.уст.} : 11900 \text{ м}$$

Кўрсатилган баландликка кўтарилиш пайтида атмосфера босимининг ўзгаришини аниқлаймиз:

$$\Delta p = \frac{1 \text{ мм.сим.уст.} \cdot 2100 \text{ м}}{12 \text{ м}} = 175 \text{ мм.сим.уст.} \approx 23327,5 \text{ Па}$$

Бу қиймат – самолётнинг ичидағи ва сиртидаги ҳаво босимининг айрмаси.

Кўрсатилган баландликдаги босимни аниқлаймиз.  $p_2 = p_1 - \Delta p$   
 $p_2 = 760 \text{ мм.сим.уст.} - 175 \text{ мм.сим.уст.} = 585 \text{ мм.сим.уст.} \approx 585 \text{ Па}$

**Жавоби:**  $\Delta p \approx 23327,5 \text{ Па}$ ;  $p_2 \approx 585 \text{ Па}$

## Назорат саволлари

1. Нима учун атмосфера босимини идиш тубида суюқликнинг босимиға тенг деб ҳисоблашга бўлмайди?
2. Торричелли тажрибасининг маъноси нимада?
3. Атмосфера босимини ўлчайдиган асбоб қандай аталади?
4. Барометрларнинг қандай турлари бўлади? Нима учун металл барометр кенг қўлланишга эга?
5. Қандай босимга нормаль атмосфера босими деб аталади? У нимага тенг бўлади?
6. Атмосфера босими Ер юзасидан баландликка кўтарилиганда қандай ўзгаради? Ер остига тушгандаги ўзгиришини айтинг.

## Машқ

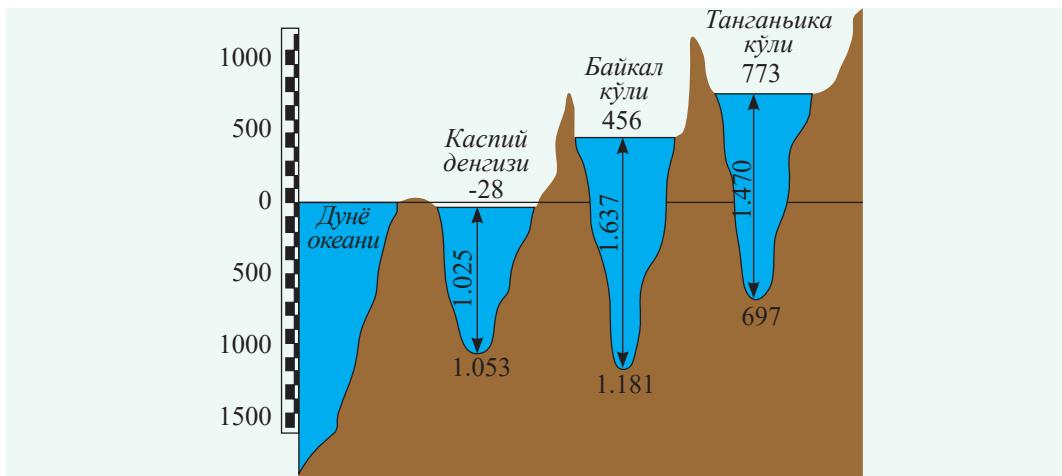
9

1. Қозогистонда солинаётган «Абу-Даби Плаза» биносининг режа бўйича баландлиги 382 метр (**76-расм**). Бинонинг юқори қисмидаги босимни аниқланг. Унинг пастки қисмидаги атмосфера босимини 760 мм сим.уст. деб олинг.

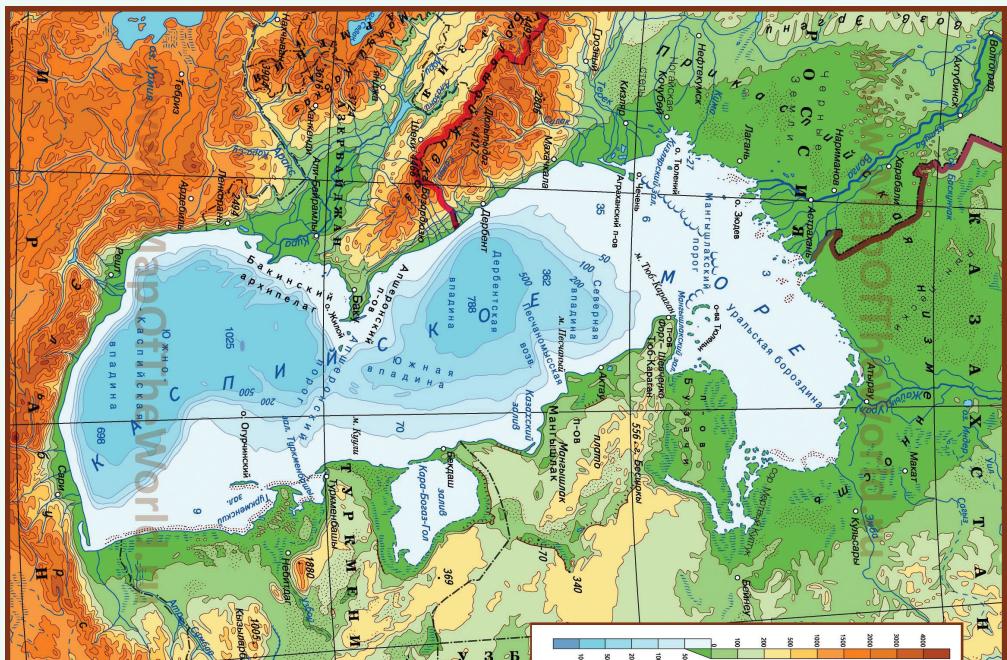


**76-расм.** Астана ва Алмати шаҳарларидағи баланд бинолар диаграммаси

2. Баланд биноларнинг сўнгти қаватидаги босимнинг баландликка боғлиқлик диаграммасини ясанг.
3. Каспий денгизининг тубидаги гидростатик босимни аниқланг (**77-расм**). Атмосфера босимини ҳисобга олиб, эркин юзаси сатҳи ва дengiz сатхини солиштириб, ҳақиқий босимни ҳисобланг.
4. Ақтау шаҳари Каспий денгизининг соҳилида жойлашган. Ақтау қирғоги яқинидаги босимни аниқланг (**78-расм**).



77-расм. Каспий дөнгизи томонидан фақат Байкал ва Танганьика (Африка) күлләридан кейинги ўриндада



78-расм. Каспий дөнгизининг гидрографик харитаси

## Ижодий топшириқлар

Қуидаги мавзулар бүйича ppt-презентация маълумот тайёрланг (хоҳишига күра):

- Сув остида ишлайдиган кессонлар.
- Барокамеранинг бажарадиган хизмати ва тузилиши.
- Кессон касаллиги ва унинг оқибати.

## 3-бобнинг хуносаси

Қаттиқ жисмнинг мувозанат шартлари	Куч моменти
$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$	$M = Fd$
$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0$	
Гидростатик босим	
$p = \rho gh$	$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$

### Глоссарий

**Оғирлик маркази** – жисмга ҳар қандай вазиятда таъсир этадиган оғирлик кучининг тушиш нуқтаси.

**Массалар маркази** – жисмни илгариланма ҳаракатига тушириладиган куч чизиқларининг кесишиш нуқтаси.

**Мувозанат** – жисмнинг ёки жисмлар системасининг туширилган куч таъсиридан тинчлик ҳолатини сақлаши.

**Турғун мувозанат** – мувозанат ҳолатидан чиқарилган жисм, бошланғич ҳолатига қайтиб келадиган мувозанат.

**Нотурғун мувозанат** – мувозанат ҳолатидан чиқарилган жисм, ўз-ўзи билан қолганда, мувозанат ҳолатидан оғадиган мувозант.

**Бефарқ мувозанат** – мувозанат ҳолатидан чиқарилиб, ўз-ўзи билан қолган жисм ҳолатини ўзгартирумайдиган мувозанат.

**Суюқликка ёки газга газга туширилган босим барча йўналишида ҳар қандай нуқтасига ўзгаришсиз узатилади.**

## 4-БОБ

# САҚЛАНИШ ҚОНУНЛАРИ

Сақланиш қонулари системадаги жисмларга таъсир этадиган күчларни күриб чиқмасдан ва жисмнинг ҳаракатининг бир ҳолатдан иккінчи ҳолатга ўтишини текширмасдан динамика масалаларини ечишга имкон беради. Тұлық механик энергия билан импульснинг сақланиш қонулари ҳар қандай үлчовдаги ёпиқ системасидеги жисмларға (у микрооламнинг заралари ёки космик жисмлар бўлсин) нисбатан бажарилади. Системадаги жисмларға ташқи күчлар таъсир этганда ва уларнинг teng таъсир этувчиси нолга teng бўлган ҳолда қонунлар одил, тўғри бўлиб саналади. Ерда бундай күчларга Ернинг тортилиш кучи билан таянчнинг реакция киради.

### Бобни ўқиб-билиш орқали сизлар:

- Сақланиш қонуларини тушунтиришни ўрганасиз.

## 10§. Механикадаги импульс ва энергиянинг сақланишқонунлари

### Кутиладиган натижага

Бу параграфни ўзлаштирганданда:

- сақланиш қонуларини тушунтиришини ўрганасиз.



Рене Декарт (1596–1650) – француз файласуфи, математик, физик ва физиолог, ҳаракат миқдори тушунчасини киритди. Декарт ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунини таърифлади, куч импульсига изоҳ берди.

### Муҳим маълумот

Σ – дискрет катталиклар йиғиндисининг белгиси.

### I Жисм импульси

Тўқнашиш – ҳаммамизга яхши таниш ҳодиса бўлганидан, «Снаряд тинч ҳолатда эдику, парчаларининг ҳаракати қаёқдан пайдо бўлди?» деган сўроқ туғила бермайди. Парчалар бутун снарядни ҳосил килган тескари жараённи фараз қиласлилар. Бундай жараён физика қонуларига мос келмайди. Бироқ шунга ўхшашибазиятни юзага келтириш мумкин. Бир-бирига қарама-қарши бирдек тезлик билан ҳаракатланаётган, массалари бирдек икки жисм ноэластик тўқнашишда тўхтайди. Ҳаракатнинг йўқолиб кетиши ва қайтадан пайдо бўлиш қобилиятини кўплаб олимларни ўйлантириди.

Француз олими Р.Декарт аталган хусусиятларини тушунтириш учун «ҳаракат миқдори» деган тушунчани киритди. Шу вақтда массанинг физик тушунчаси бўлмаганлигидан, олим импульсини «жисм массасини унинг ҳаракат тезлигига қўпайтмаси» каби аниклади. Кейинроқ бу маълумотни И.Ньютон чуқурроқ тасдиқлади «ҳаракат миқдори деганимиз – масса билан тезликка пропорционал бўлган ўлчов»:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1)$$

Жисм импульси – векторли катталик, унинг йўналиши жисм тезлигининг  $\vec{p} \uparrow\uparrow \vec{v}$  йўналиши билан тўғри келади. ХБС-да жисм импульсининг ўлчов бирлиги:  $[p] = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ .

Жисм импульси куч импульсини билан импульс кўринишида Ньютоннинг иккинчи қонуни орқали боғлиқ.

Куч импульси жисм импульсининг ўзгаришига тенг.

$$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}, \quad (2)$$

бундаги  $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$  – жисм импульсининг ўзгариши,  $\vec{F}\Delta t$  – куч импульси.

Куч импульсининг ўлчов бирлиги  $[\vec{F}\Delta t] = \text{Н} \cdot \text{с}$ .

Олинган (2) нисбатдан чиқадики, жисмга таъсир этадиган кучнинг йўналиши жисм импульсининг ўзгариш йўналиши билан  $\vec{F} \uparrow\uparrow \Delta\vec{p}$  тўғри келади.

### II Ёпиқ система учун импульснинг сақланиш қонуни

Импульснинг сақланиш қонуни Ньютоннинг иккинчи ва учинчи қонуларининг натижаси бўлади.

**Агар системадаги жисмга таъсир эта-  
диган ташқи кучларнинг йиғиндиси нолга  
тeng бўлса, унда ўзаро таъсирилашадиган  
жисмларнинг ёпиқ системасининг импуль-  
си ўзгармас катталик бўлади.**

$$\vec{p}_{\text{ж}} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const}, \quad (3)$$

бундаги  $\vec{p}_{\text{ж}}$  – системага кирадиган жисмларнинг импульсларининг геометрик йиғиндиси,  $n$  – системадаги жисмлар сони,  $i$  – жисмнинг тартиб сони.

Уч жисмнинг эластик ўзаро таъсирилашиш вақтида (3) формула қуидагича бўлади:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 + m_3 \vec{u}_3 \quad (4)$$

бундаги  $\vec{v}_1$ ,  $\vec{v}_2$ ,  $\vec{v}_3$  – жисмларнинг тўқнашишдан олдинги тезликлар,  $\vec{u}_1$ ,  $\vec{u}_2$ ,  $\vec{u}_3$  – жисмларнинг тўқнашишдан кейинги тезликлари.

Эластик тўқнашишдан кейин жисмлар бир-бираидан ажраб, алоҳида ҳаракатланади.

Ўзаро ноэластик тўқнашиш вақтида ўзаро ноэластик тўқнашиш сакланиш (3) қонуни қуидагича кўринишга келади:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 = (m_1 + m_2 + m_3) \vec{u} \quad (5)$$

бундаги  $\vec{u}$  – ўзаро тўқнашишдан кейинги жисмларнинг тезликлари.

Ўзара ноэластик таъсирилашиш ишдан кейин жисмлар биришиб, ундан кейин бир жисм сифатида ҳаракатланади.

### Жавоби қандай?

- Сақланиш қонуни, нега ёпиқ системалар учунгина бажарилади?
- Нима учун милтиқдан ўқ отганда елкага турткни берилади? Турткни камайтириш учун нима қилиш керак?

## III Реактив ҳаракат. Ёқилғининг оний ёниш пайтидаги ракетанинг тезлиги

Одам ердан итарилиб кўзгалади, машина ҳам ердан итарилади. Эшкакчилар сувни эшкак билан итариши орқали дарёда сузади. Ҳаракат қилиш учун таянчдан итарилиш мухим шарт. Бу чиндан ҳам шундайми? Ҳаракат бошланишининг бошқа мумкинлиги борми? Ўзингни муз саройида конъкида турибман деб фараз қилиб, қўлингдаги йўл сумкани (рюкзак) дўстингга от. Бу вақтда оёқ билан муздан итарилиш ўйламасанг-да, ортга қараб ҳаракатланасан. Отишдан пайдо бўлган ҳаракат *реактив ҳаракат* деб аталади.

### Эсада сақланг!

Портлашдан кейинги парчалар ҳаракати вақтида ўзаро ноэластик ўзаро таъсирилашиш учун импульснинг сакланиш қонуни (5) қўлланилади.



**Константин Эдуардович Циолковский** (1857–1935) – Россия олимси, кашфиётчи, мактаб муаллими. Назарий космонавтиканинг асосчиси. Космосга учиш учун ракеталардан фойдаланишини тавсия етди, кўп босқичли ракеталарнинг прототипи – «ракета поездлари» уни ишлатиш керак деган холосага келди. Асосий меҳнати космонаутика, ракета динамикасига ва аэродинамикага бағишиланган.

### 1-топширик

Табиатдаги ва техника-даги реактив ҳаракатга мисоллар келтиринг.

**Реактив ҳаракат деганимиз – жисмнинг бир бўлғи ундан қандайдир бир тезлик билан бўлиниши натижасида пайдо бўлган ҳаракат.**

Жисмнинг реактив ҳаракатини ҳисоблаш импульснинг сақланиш қонуни асосида юзага ошади.

Ёқилгининг оний ёниши вақтидага ракета ҳаракатини қарайлик (79-расм). Газ ракетадан  $\vec{u}$  тезлик билан учб чиқканда, ракетага кўшимча импульс  $\Delta\vec{p} = -m\vec{u}$  берилади, шундай реактив куч туғдиради:

$$\vec{F}_p = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = -\frac{m\vec{u}}{\Delta t}. \quad (6)$$

Жисм импульснинг сақланиш қонуни асосида ракетанинг тезлигини аниқлаймиз. Ёқилғиси бор ракетанинг кўзғалишигача импульси нолга teng, ҳаракат бошлангандан кейин унинг импульси ёқилғисиз массаси билан ҳаракат тезлиги кўпайтмасига teng. Импульснинг сақланиш қонунининг вектор қиймати қуидагича бўлади:  $(M - m)\vec{v} - m\vec{u} = 0$ .

Векторларнинг 0-йуғига проекцияларини аниқлаб, буни оламиз:  $(M - m)v = mu$

$$\text{ёки } v = \frac{m}{M - m} u, \quad (7)$$

бундаги  $\vec{v}$  – ёқилғининг оний ёниш вақтидаги ракетанинг тезлиги.

#### IV Энергиянинг сақланиш қонуни

Кинетик ва потенциал энергияларнинг йигинди-сига teng механик энергия системага ўзаро таъсирлашувчи жисмларнинг ёки модданинг ўз зарраларининг оралиғига боғлиқ кучлар таъсир этгандагина сақланади. Уларга оғирлик кучи ва эластик кучи киради. Бу кучларнинг иши манфий ишора билан олинган потенциал энергиянинг ўзгариши натижасида ёзилиши мумкин:

$$A = -(mgh_2 - mgh_1); \quad A = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right) \text{ ёки} \\ A = -(W_{p2} - W_{p1}). \quad (8)$$

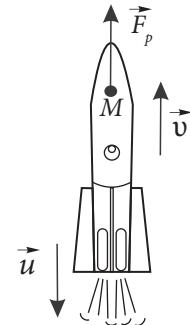
Хар қандай кучнинг ишини кинетик энергиянинг ўзгариши тўғрисида теорема бўйича аниқлашга бўлади:  $A = Fs = ma \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$

$$\text{ёки } A = W_{k2} - W_{k1}, \quad (9)$$

бундаги  $W_k = \frac{mv^2}{2}$  – ҳаракатдаги жисмнинг кинетик энергияси.

$$(8) \text{ ва } (9) \text{ тенгликлардан: } W_{k1} + W_{p1} = W_{k2} + W_{p2} \quad (10)$$

$$\text{шунингдек: } W = W_k + W_p = const, \quad (11), \\ \text{энергиянинг сақланиш қонуни бўлади.}$$



79-расм. Реактив куч ҳосил қиласидаган газ оқими

#### Бу қизиқ!

Циолковский ракета динамикасидаги ва космонавтикадаги илмий ишлари.

**1903 йили** К.Э. Циолковский «Оlam фазосини реактив асбоблар билан текшириш» мақоласини эълон қилди. Суюқ ёқилғи кўлланиладиган ракетанинг биринчи намунасини тавсия этди.

**1911 йили** ракетани Қуёш системасига чиқариш учун керак тезликни аниқлadi. Бир босқичли ва кўп босқичли ракета ҳаракатининг назариясини тузди.

**1926–1929 йиллари** ракетани Қуёш системасига чиқариш учун керак ёқилғини ҳисоблади.

Ёпиқ системада жисмларнинг тўлиқ меҳаник энергияси ўзгармас катталик бўлиб қолади.

## 2 Жавоби қандай?

- Нега ракетанинг ҳаракат тезлигини жисм импульсининг сақланиши қонуни асосида ҳисоблаш тўғри келади?
- Космос фазосида инерция билан ҳаракатлаётган ракетанинг тезлиги, агар унинг соплосига чиқиши учун ҳаракати ўйналиши бўйича эгилган трубани кийгизб двигателларни кўйса ўзгарадими?

## V КР Миллий космик маркази

Қозоғистон Миллий космос маркази агентлиги Нур-Султандаги Миллий космос марказини яратмоқда. Янги марказнинг ичига космос техникасининг конструктор-технологик бюроси, космос аппаратларини йиғиш-синаш комплекси, космос технологиясининг миллий лабораторияси ва космос аппаратларини чиқарадиган корхоналар киради. Курилиши юриб бораётган обьектнинг худудларида мутахассисларнинг малакасини ошириш ва қайта тайёрлаш, сунъий ўйлдошни юқори аниқлайдаги навигация билан дифференциал тузатиш марказлари жойлашади. 81-расмда Қозоғистон Республикаси Миллий космос марказининг макети тасвирланган. Космос маркази етти бинодан туради.

2008 йили EADS Astrium француз компанияси икки улкан масштабли космик лойиҳани космос аппаратларини йиғиш-синаш комплекси ва масофадан туриб бошқариладиган космос системаси жорий қилиш учун «Қозоғистон Космос Йўли» АҚ-нинг стратегик ҳамкорлиги сифатида танлаган.

### Бу қизиқ!

«Бўғунги кунда Қозоғистон бизда шу кунгага бўлмаган космос индустриясини йўлга кўйиш ва ривожланиши йўлида. Бунинг бошланиши 2007 йили 27 марта Елбоши Нурсултан Назарбаевнинг КР Миллий космос агентлигини қуриш тўғрисидаги буйруқка қўл қўйгандан кейин бошланди».

T.Мусабаев

### Эсада сақланг!

Жисмларнинг орасидаги ишқаланиш кучи ҳаракат этадиган ёпиқ система учун ишқаланиш кучининг иши тўлиқ механик энергиянинг ўзгариши билан аниқланади:  $A = W_{II} - W_I = \Delta W$ .

### Бу қизиқ!

Repetuum Mobile ёки мангудишидвигатель сиртдан хеч қандай энергия ёқилғи энергияси, одамнинг кучи, сувнинг тушиб энергияси берилмай ўзи иш бажарадиган машина. Абадий двигателни қуриш мумкин эмаслиги энергиянинг сақланиш бўлиб топилади.

### 3-топшириқ

80-расм бўйича абадий двигателни ўйлаб топган кашфиётчининг фикрини тушунтиринг.



80-расм. Абадий двигатель модели



81-расм. КР Миллий космос марказининг макети

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Массаси  $m_1$  бўлган,  $v_1 = 10 \text{ м/с}$  тезлик билан ҳаракатланиб келаётган зарра массаси  $m_2$  бўлган тинчлиқдаги зарра билан абсолют эластик тўқнашади.  $m_2/m_1$  массаларининг нисбатини аниqlанг. Тўқнашиш юзма-юз бўлган ва зарралар бирдай  $20 \text{ м/с}$  тезлик билан ажраган деб олинг.

### Берилган:

$$v_1 = 10 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 0$$

$$u_1 = u_2 = u = 20 \text{ м/с}$$

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

$$m_2/m_1 - ?$$

### Ечиш:

Зарраларнинг абсолют эластик тўқнашишдаги импульснинг сақланиш қонунини қўллаймиз. Сақланиш қонунини вектор кўринишда ёзамиш:  $m_1 \vec{v}_1 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$ .

Танланган  $0x$  координата ўқига туширилган проекция йўналишлари  $\vec{v}_1$  тезлик йўналишига мос эканидан  $u_1 = u_2 = u$  эсга олиб, буни оламиш:

$$m_1 v_1 = -m_1 u + m_2 u = u(m_2 - m_1);$$

$$\frac{v_1}{u} = \frac{m_2}{m_1} - 1;$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_1}{u} + 1 = \frac{10}{20} + 1 = 1,5.$$

**Жавоби:**  $m_2/m_1 = 1,5$ .

### Назорат саволлари

- Қандай шартларда сақланиш қонуни бажарилади?
- Жисм импульси дегани нима? Қандай ўлчанади?
- Куч импульси дегани нима?
- Импульснинг сақланиш қонуни таърифланг.
- Қандай ҳаракатни реактив ҳаракат дейилади? Мисоллар келтиринг.
- Тўлиқ механик энергиянинг сақланиш қонунини таърифланг.



**Машқ**

**10**

- Массаси 10 кг бўлган қуми бор арава горизонтал текисликда  $1 \text{ м/с}$  тезлик билан сирғаниб келади. Аравага қарши горизонталь  $2 \text{ м/с}$  тезлик билан учб келаётган массаси 20 кг шар қумга кириб туриб қолди. Ундан кейин арава қайси йўналишда ва қандай тезлик сирғанади?
- Арава горизонталь йўлда 18 км/соат тезлик билан ҳаракатланиб келади да, юқорига чиқади. Арава йўл сатҳидан қандай баландликда тўхтайди? Ишқаланишни хисобга олманг.
- Бикрлиги  $100 \text{ Н/м}$ , массаси  $400 \text{ г}$  бўлган пружина ерга 5 м баландликдан тушади. Агар тушган вақтда вертикаль ҳолатда қолса, у қанча сиқилади?

## Ижодий топшириқлар

- I. Қуидаги мавзулар бүйіча реферат тайёрланғ(хоҳишига күра):
  1. Табиатдаги реактив ҳаракат.
  2. Реактив ва ракета двигателларининг яратилиш тарихи. Замонавий ракета әлтүвчилари.
  3. К.Э. Циолковский – ёзувчи-фантаст.
  4. Абадий двигателлар ясаш тарихидан.
  5. Космосдаги ҳаёт.
  6. Байқұнғир – космос космодроми.
- II. Автоматик планеталароро станциясینинг (АПС) хронологик учиш жадвалини тузинг. Олинган натижани таҳлил қилинг. Қайси давлатлар космос тадқиқотлар билан шуғулланади? Күёш системасидеги қандай осмон жисмлари күпроқ үрганилган? Диаграмма тузинг.

## 4-бобнинг хуносаси

Сақланиш қонунлари	Энергия	Иш
Импульснинг сақланиш қонуни $\vec{p}_{\infty} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const}$	Кинетик энергия $W_k = \frac{m v^2}{2}$	$A = \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2}$ $A = -(W_{p2} - W_{p1})$ $A = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right)$ $A = -(mgh_2 - mgh_1)$
Энергиянинг сақланиш қонуни $W = W_k + W_p = \text{const}$	Потенциал энергия $W_p = \frac{kx^2}{2}$ $W_p = mgh$	

### Динамика қонунлари

#### Импульснинг сақланиш қонуни

Агар системадаги жисмга таъсир этадиган ташки күчларнинг йифиндиси нолга teng бўлса, унда ўзаро таъсирилаштаётган жисмларнинг ёпиқ системасининг импульси ўзгармас катталик бўлади.

#### Энергиянинг сақланиш қонуни

Фақат консерватив кучлар таъсир этадиган жисмларнинг ёпиқ системасида тўлиқ механик энергия ўзгармас катталик бўлиб қолади.

### Глоссарий

**Реактив ҳаракат деганимиз** – жисмнинг бирор қисми ундан қандайдир тезлик билан ажралганда пайдо бўладиган ҳаракат.

**Кинетикэнергия** – ҳаракатдаги жисмнинг энергияси.

**Потенциал энергия** – жисмларнинг ёки жисм зарраларининг ўзаро таъсирилашиш энергияси.

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

**5-БОБ**

## ГИДРОДИНАМИКА

Оғир массали атмосфера ҳавонинг ҳаракати, дарёдаги ёки сув құвуридаги сувнинг ҳаракати, қоннинг қон томирлари бүйича ҳаракати гидродинамика ва аэродинамика қонунларига бўйсунади.

Суюқлик билан газларнинг ҳаракатини текширишда уларнинг қатламлари орасидаги ички ишқаланиш ва газларнинг сиқилишига боғлиқ ҳодисалар қийинчилек туғдиради. Аталган бўлимда биз идеал суюқликдаги қаттиқ жисмларнинг ҳаракати билан уларнинг оқишини кўриб чиқамиз.

XVIII асрда Даниил Бернулли, Жан Лерон Даламбер, Леонард Эйлернинг асарларида гидродинамиканинг асослари мавжуд. «Гидродинамика» терминини Бернулли йўлаб топган.

**Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:**

- суюқликлар билан газларнинг оқишини тушунтиришни;
- боғлиқ, боғлиқ бўлмаган ва доимий физик катталикларни аниқлашни ва ўлчов катталикларини хисобга олишни;
- эксперимент натижасида таъсир этувчи факторларни аниқлашни ва уни яхши йўлини таклиф қилишни ўрганасиз.

## 11§. Суюқлик кинематикаси

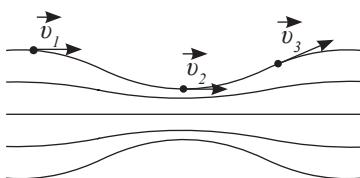
### Кутиладиган натижасы

Бу параграфни ўзлаштирганданда:

- Газлар ва суюқликларнинг оқимини таърифлай оласиз.



**Даниил Бернули** (1700–1782) – швейцар физиги ва математиги, 1725 – 1733 йиллари Петербург Фанлар академиясининг академиги, 1748 йилдан бошлаб, Париж Фанлар академиясининг аъзоси, гидродинамика билан математика-физиканинг, газларнинг кинетик назариясини асосчиларидан бири, «Гидродинамика» монографиясининг автори.



82-расм. Оқим чизиқлари

Ёруғлик узунлиги суюқлик оқими тезлигига пропорционал бўлган кичкина чизиқлар шалида кўринади. Ялтироқларнинг ҳаракат йўналишига қараб, суюқликнинг юза қатламининг ҳар қандай нуқтасида суюқлик оқимининг йўналишини аниqlашга

### I Гидро- ва аэродинамика

Гидро- ва аэродинамикани тарихий нуқтаи назаридан қарасак, улар денгизларда сузиш сифатини орттириш борасида кема ҳаракатларини текшириш, елканинг, винтнинг, қанотларнинг насос ва бошқа қурилмаларнинг ишлаш принципи кузатиб, ўқиб ўрганиш жараёнида пайдо бўлди.

**Гидро- ва аэродинамика – суюқликлар билан газларнинг ҳаракатини ва суюқликлар билан газларнинг қаттиқ жисмлар билан ўзаро таъсирлашишини ўрганадиган механиканинг бўлими.**

Гидродинамика турли соҳаларда – кемалар билан учиш аппаратларини, сув қувурлари билан нефть қувурларини, насослар билан гидротурбиналарни лойиҳалаш учун кўлланилади. Гидродинамиканинг вазифаси ҳаракатдаги жисмга таъсир этадиган кўтариш кучи билан қаршилик кучини ҳисоблаш киради. Гидродинамика масалаларини очишинг ингилитиш учун «идеал суюқлик», «оқим элементи» тушунчаси киритилган.

**Идеал суюқлик-ёпишқоқлик билан сиқилишини эътиборга олинмайдиган суюқлик .**

Идеал суюқликда унинг қатламлари орасида ишқаланиш бўлмайди.

**Оқим элементи – ҳаракат вақтида шаклини ўзгаришини эътиборга олинмайдиган шартли турда бўлинган кичик миқдордаги суюқлик (газ).**

### II Суюқликларнинг ҳаракатини текшириш. Оқим чизиқлари. Оқим найчаси

Суюқлик ҳаракатини билишнинг бир усули суюқликка металл ялтироқларини аралаштириб, кучли ялтирашини дарҳол суратга тушириш. Суратдаги

бўлади. Расмга тушириш вақтини бироз оширсак, чизиқчалар туташ чизиқка бирикади, бу чизиқлар оқим чизиқлари дейилади (82-расм).

**Оқим чизиқлари – фазонинг ҳар қандай нуқталаридаги уринмаларининг йўналиши шу нуқталардаги суюқликнинг тезлик йўналиши билан мос келадиган чизиқлар.**

Суюқлик ҳаракатини текшириш пайтида оқим найчаси эътиборга олинади.

**Оқим найчаси – газнинг ёки суюқликнинг оқим чизиқлари билан чегараланган қисми.**

Оқим чизигининг ҳар бир нуқтасидаги газнинг ёки суюқликнинг тезлиги уринма бўйича йўналган, шунга мос равишда оқим найининг ён сиртини хеч қаерда кесиб ўтмайди.

### **III Ламинар ва турбулент оқим**

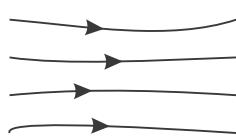
Гидродинамика қонунлари ламинар оқим суюқлик учун бажарилади.

**Агар суюқлик қатламлари аралашиб кетмай, бир-бирга нисбатан сирпанса, оқим ламинар деб аталади.**

Ламинар ёки қатламли оқим деб секин оқадиган дарёлардаги сувнинг оқими айтилади (83-расм). Фонтаннинг ламинар оқими шиша таёққа ўхшаб кўринади (84-расм). Ламинар оқим қилиш учун қурилмалар ёруғликнинг динамик ва ёруғлик сув музиқали сув фонтанларида кўлланилади (85-расм).

Суюқликнинг оқим тезлигини орттириш вақтида қуюн ҳосил бўладиди, оқим турбулент бўлади (86-расм).

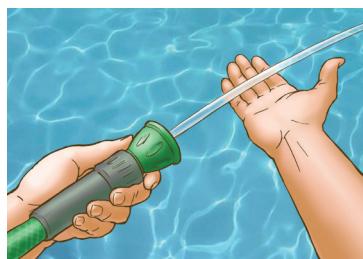
**Суюқлик қатламлари аралашиб, қуюн пайдо бўладиган бўлса, оқим турбулент бўлади.**



86-расм. Турбулент оқим пайтида оқим чизиқлари



83-расм. Бухтарма дарёси, ламинар оқим



84-расм. Ламинар оқим пайтида оқим найининг кўпдаланг кесими юзаси сақланади



85-расм. Сув фонтаннинг ламинар оқими

Турбулент оқимда газнинг ёки суюқликнинг берилган нүктасидаги босим билан оний тезликнинг қиймати тартибсиз равишда ўзгаради. Бу катталикларни бирдек шартларда суюқликнинг барча қисмига тарқатиш хар хил бўлади ва такрорланмайди. Турбулент оқим учун босим билан тезликнинг ўртача қиймати қўлланилади. Турбулент оқимни тажриба асосида ўрганилади.

Газ билан суюқлик оқими хар турли бўлиши мумкин: стационар ва ностационар. Стационар ҳаракат деб фазонинг бирилган нүктасида босими билан тезлиги вақт бўйича ўзгармайдиган суюқлик ҳаракатига айтамиз.

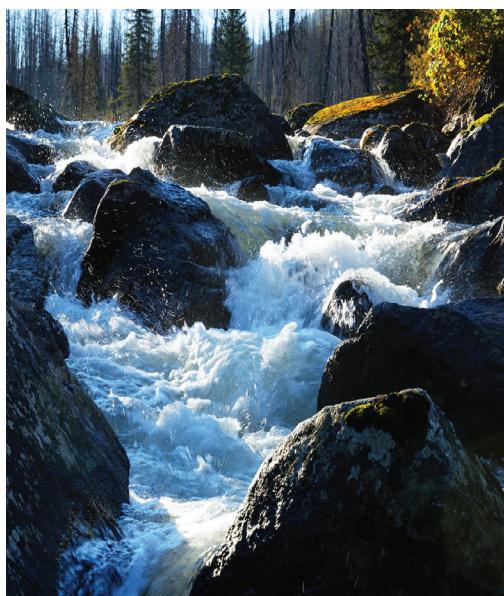
**Фазонинг барча нүктасидаги суюқлик элементларининг тезлиги вақт бўйича ўзгармайдиган бўлса, оқим стационар бўлади.**

Тезлиги билан босими фазо координаталарига боғлиқ бўлибгина қолмай, бундан ташқари вақт бўйича ҳам ўзгарадиган ҳаракатни шаклланмаган ёки ностационар деб аталади.



### Жавоби қандай?

- Нега дарёning оқими кенг жойида ламинар, тор жойида эса турбулент бўлади? Нега сув қуевурларидағи сувнинг оқими турбулент (87–88 расмлар)?
- Нима учун турбулент оқимдаги оқим элементининг тезлиги ва босимининг оний қийматини ҳисоблаш мумкин эмас?
- Нега ҳаво ва сув транспортлари учун турбулентлик оқим ҳавфли?



87-расм. Түргусин дарёси – фонтаннинг тармоғи



88-расм. Бурхон Булоқ водопади.  
Жұнгория Олатови

## IV Ёпишқоқ суюқлик оқими

Турли суюқлик қатламларининг қувурдаги ёки дарёдаги оқим тезлиги бирдей эмас. Қувурнинг четидаги ёки дарё ёқаси ва тубидаги тезлик ўртасидаги тезликка қараганда кам. 89-расмда қувур юзаси бўйича суюқлик тезлигининг бўлиниши тасвирланган: тезлик девор ёнида нолдан бошланиб, қувурнинг ўртасида максимал қийматгача ўзгаради. Тезликнинг хар турли бўлиши суюқликнинг ёпишқоқлиги билан ёки унинг қатламларининг орасидаги ички ишқаланиш кучининг таъсири билан тушунтирилади.

**Ёпишқоқлик – реал суюқликнинг бир қисмининг иккинчисига нисбатан кўчишига қаршилик келтириш хоссаси.**

Температура пасайган сари суюқликнинг ёпишқоқлиги ортади. Куз келганда дарёдаги сувнинг оқим тезлиги камаяди, қишида эса тўхташи мумкин.

Ичкиишқаланиш кучининг бўлиши ва қувур деворларига ишқаланиш қувур бўйича оққан суюқлик оқимининг йўналиши бўйича босимнинг камайишига олиб келади, қувурнинг четидан узоқлашган сайин, суюқлик оқимининг босими камая бошлайди. Бунга 90-расмда тасвирланган асбобни кўллаб, тажриба ўтказиш орқали ишонч ҳосил қиласа бўлади.

## V Жисмларнинг газлар ва суюқликлардаги ҳаракати. Стокс формуласи

Газлар ва суюқликлардаги жисмларнинг ҳаракати вақтида қаршилик кучи пайдо бўлади. Уларнинг пайдо бўлишининг икки сабаби бор:

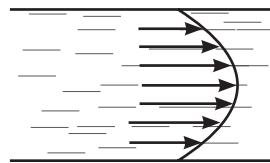
- 1) жисмнинг юзаси муҳитнинг қатламига ишқаланиши;
- 2) жисмнинг оқишида газ билан суюқлик оқимиning ўзгариши.

*Муҳитнинг пешона қаршилик кучи муҳитнинг ёпишқоқлигига ва жисмнинг ҳаракат тезлигига, унинг ўлчамлари билан шаклига боғлиқ.*

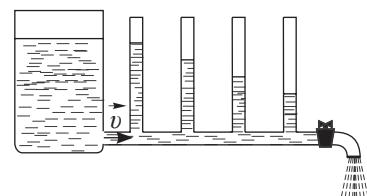
Ёпишқоқ суюқликка ёки газга тушган шарга таъсир этадиган пешона қаршилик кучи Стокс формуласи билан аниқланади. Стокс формуласи гидродинамикага муҳим хисса кўшган инглиз физиги Жордж Габриэль Стокснинг хурматига қўйилган.

$$F = 6\pi\eta rv,$$

бунда  $\eta$  – газнинг ёки суюқликнинг ички ишқаланиш коэффициенти ёки динамик ёпишқоқлик, ўлчов бирлиги [ $\eta$ ] – 1 Па·с;  $r$  – шарнинг радиуси;  $v$  – шарнинг тезлиги.



89-расм. Қувурнинг ўртасида сувнинг оқим тезлиги максимал қийматга эга бўлади



90-расм. Суюқлик босимининг оқим йўналиши бўйича камайиши

Стокс формуласи суюқликнинг ёпишқоқлигини аниқлашга мумкинлик беради. Суюқликнинг ёпишқоқлини аниклашга асосланган асбоб вискозиметр деб аталади. Гепплер вискозиметрининг ишлаши Стокс қонунига асосланган, у ёпишқоқ мухитда жойлашган найча каби ясалган (91-расм). Ёпишқоқлик тушган шарнинг вискозиметр найчасидаги белгилар орасидан ўтиш тезлиги бўйича аникланади, у 1-дан 3% гача ўлчаш имконини беради.



**91-расм.** Вискозиметр

### Назорат саволлари

1. Қандай суюқликни идеал суюқлик деб аталади?
2. Оқим чизиклари деганимиз нима? Оқим найи-чи?
3. Газлар ва суюқликлар оқимининг қандай турларини биласиз? Уларнинг қан дай фарқи бор?
4. Ички ишқаланиш кучи қувурдаги суюқликнинг оқим тезлигига қандай таъсир этади?
5. Газлар билан суюқликлар ҳаракатига қаршилик кучининг пайдо бўлиш сабабини айтинг.
6. Суюқлик ёпишқоқлиги қандай аникланади? Уни нима билан ўлчанади?

Диаметри 1 мм пўлат шар  $0,185 \text{ см}/\text{с}$  ўзгармас тезлик билан майсана мойи тўлдирилган катта идишга қулайди:

- а) пўлат зичлиги  $7800 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $g \approx 10 \text{ м}/\text{с}^2$  деб олиб, пўлат шарга таъсир этадиган оғирлик кучини аниқланг;
- б) майсана мойининг зичлиги  $900 \text{ кг}/\text{м}^3$ , Архимед кучини аниқланг;
- в) оғирлик кучи Архимед ва Стокс кучларининг йифиндисига тенг дейишга бўладими? Кучларнинг нисбатини ёзинг;
- г) шарга таъсир этадиган кучларни тасвиirlанг;
- д) Стокс кучини аниқланг;
- е) майсана (кастор) мойининг динамик ёпишқоқлигини аниқланг.

### Ижодий топшириқлар

Қуйидаги мавзулар бўйича ҳисобот тайёрланг (ҳоҳишига кўра):

1. Гидродинамиканинг асосчилари.
2. Гидро- ва аэродинамика қонунларини об-ҳавони башоратида қўлланиш.
3. Ламинар оқимни бошқариладиган фонтанлар, уларнинг ишлаш принципи ва тузилиши.

## 5-бобнинг хуносаси

Стокс формуласи

$$F = 6\pi\eta rv$$

### Глоссарий

**Вискозиметр** – суюқликнинг ёпишқоқлигини аниқлашга мўлжалланган асбоб.

**Гидро- ва аэродинамика** – суюқликлар ва газларнинг ҳаракатини, суюқликлар ва газларнинг каттиқжисмлар билан ўзаро таъсирини текширадиган механика бўлими.

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

**Оқим чизиклари** – фазонинг ҳар қандай нукталаридағи уринмаларининг йўналиши шу нукталаридағи суюқлик тезлиги йўналиши билан мос келадиган чизиклар.

**Оқим найчаси** – газ ёки суюқликнинг оқим чизиги билан чегаралangan қисми.

Агар суюқлик қатламлари аралашиб кетмасдан, бир-бирига нисбатан силжиса, оқим ламинар деб аталади.

Суюқ қатламлари аралашиб, уюрма пайдо бўладиган бўлса, оқим турбулент бўлади.

Фазонинг барча нуктасидаги суюқлик элементларининг тезлиги вақт бўйича ўзгармайдиган бўлса, оқим стационар бўлади.

Молекуляр физикада иссиқпик ҳодисаларни ўқитишда статистик ва термодинамик усуллари қўлланилади.

Статистик усул молекуляр-кинетик назарияга асосланган. Аталган назарияда физик ҳодисалар модданинг ички тузилиши ҳақидаги билим асосида қаралади.

Термодинамик усул иссиқпик ҳодисаларини модданинг ички тузилиши ҳақидаги билимни фойдаланмай, термодинамика қонунлари ва системани тавсифлайдиган параметрлар – температура, босим ва ҳажм асосида ўрганиш қаралади.

## 6-БОБ

# МОЛЕКУЛЯР-КИНЕТИК НАЗАРИЯСИННИГ АСОСЛАРИ

Модданинг атом тузилиши ҳақидаги гипотезани энг биринчи Демокрит тавсия қилди. XX асрда ҳар турли моддаларнинг молекулалари ўлчамлари, массалари, тезликлари, молекуладаги атомларнинг жойлашуви аниқланди, яъни модда тузилишининг молекуляр-кинетик назарияси тўлиқ шаклланган. Молекуляр-кинетик назарияни очишида рус олими М.Ломоносов, немис физиги Р.Клаузиус, инглиз физиклари Ж.Жоуль, Ж.Максвелл, австрия физиги Л.Больцман муҳим рол ўйнади. XX аср охирида ҳар турли моддаларнинг молекулаларнинг ўлчами, уларнинг массаси ва тезлиги ўлчаниб, молекулалардаги атомларнинг жойлашуви аниқланди, яъни моддалар тузилишининг молекуляр-кинетик назарияси асосан якунланди.

### Бобни ўқиб-билиш орқали сиз:

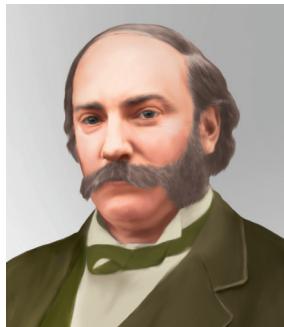
- молекуляр-кинетик назарияни ва идеал газ моделини тавсифлашни;
- молекуляр-кинетик назария асосида қаттиқ жисмнинг, суюқлик билан газнинг моделларини тавсифлашни;
- кристалл ва аморф қаттиқ жисмларнинг тузилиши билан уларни ажратишни ўрганасиз.

## 12§. МКН асосий қоидалари. Термодинамик параметрлар

### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- молекуляр-кинетик назарияни ва идеал газ моделини тавсифлаши;
- молекуляр-кинетик назария асосида қаттىк жисмнинг, суюқлик ва газнинг моделларини тавсифлашни ўргагасиз.



Джон Уильям Стретт, лорд Рэлей (1842–1919) – 1904 йили «газ каби элементларнинг зичлигини текширган ва шунга мос равишда аргонни очгани учун» Нобель мукофотини олган инглиз физиги ва механиги. Рэлей 1879 йили Кембридж университетининг профессори аталади ва Кавендиш лабораториясининг директори бўлди. 1908–1919 йиллари Кембридж университетининг президенти ва зифасини бажаради.

### I Молекуляр-кинетик назариянинг асосий қоидалари

7, 8-синфлардаги физика курсида «Модданинг тузилиши» ва «Иссиклик ҳодисалари» мавзуларини ўқиб ўрганиш борасида молекуляр билан атомлар ҳақида, уларнинг ўзаро боғлиқлиги ва ҳаракати ҳақида бошлангич тушунчалар олдингиз. Диффузия ва броун ҳаракати, суюқликнинг капилляр бўйича кўтарилиши ва оқиши, қайнаш ва бугланиш, эриш ва кристалланиш каби ҳодисаларни МКН – молекуляр-кинетик назария ва унинг уч қоидаси асосида осон тушунтиришга бўлади.

1. Барча моддалар жуда кичик зарралардан – орасида бўши оралиqlари бор молекулалар билан атомлардан иборат.
2. Модда зарралари тўхтovsiz ва тартибсиз ҳаракатланади.
3. Модда зарралари бир-бири билан ўзаро таъсирилашади.

### II МКН I қоидасининг тажрибий далили

Инглиз физиги Ж.Рэлейни молекуланинг массаси ва ўлчамларини текшириш МКН I қоидасининг ишончли далили бўлади.

Бир томчи зайдун мойининг сувнинг юзасида бир молекула қалинлигига teng қатламда ёйилишини чамалаб, у унинг ўлчамини аниқлади:

$$d = \frac{V}{S},$$

бунда  $d$  – молекуланинг диаметри,  $V$  – ёйилган томчининг ҳажми,  $S$  – томчининг юзаси.

Молекуланинг ҳажмини  $V_0 = d^3$  teng деб олиб, унинг модданинг бутун ҳажмидаги сонини топди:

$$N = \frac{V}{V_0}.$$

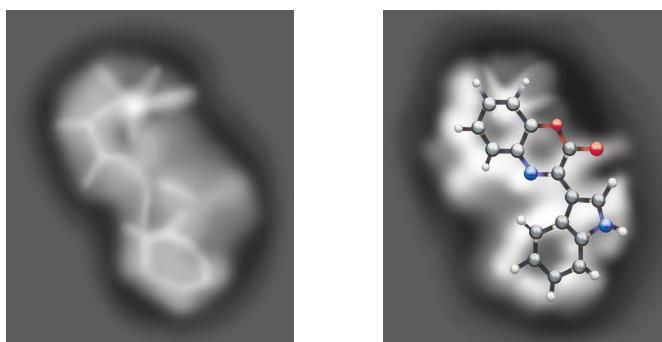
Дж. Рэлей мой томчисидаги молекулалар сонининг ва унинг массасининг қиймати маълум бўлган ҳолда бир молекуланинг массасини хисоблади:

$$m_0 = \frac{m}{N}$$

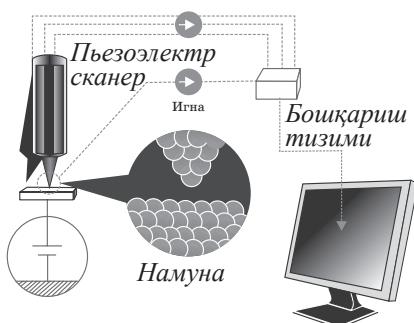
Рэлей усули бўйича олиб борилган тажрибаларнинг натижалари молекулалар ўлчами  $10^{-9} m$ , массаси  $10^{-26} \text{ кг}$  эканини кўрсатди.

Олимлар электронни, ундан кейин туннель микроскоплар ясалгандан кейин, МКН I қоидасининг түғрилигига хеч қандай шубха қолмади.

Таъсир этиш принципи модданинг юза қатламини тушириб олишга асосланган туннель микроскоп туфайли атомлар ва молекулаларнинг жойлашуви тасвирланган расм олинди (92-расм). Сканерловчи туннель микроскопнинг металл игнаси буюм сиртида нанометрдан оз масофада сирғаниб юради (93-расм).



**92-расм.** Моддалардаги молекулаларнинг жойлашуви тасвирланган расм



**93-расм.** Туннель микроскопнинг таъсир этиш принципи

Ҳаракат пайтида игнага озрок потенциал берилади, натижада игна ва намуна орасида туннель оқим пайдо бўлади – намунадаги электронлар игнагача бўлган масофада юриб ўтиб, игнага ўтади. Электронларнинг сони иянанинг учигача бўлган масофага боғлик, шунинг учун туннель оқимининг қийматини аниқлаш давомида олимлар намуна юзасининг



### Жавоби қандай?

1. Нима учун молекулалар атомлардан фарқли?
2. Ҳаводаги тутуннинг йўқолиб кетиш сабабини тушунтиринг.
3. Нега икки қоргошин бўллагига қараганда икки пластилин бўллагини бирлаштириш осон?



### Эътибор беринг!

Муҳит юзасига  $1/16$  мкм<sup>2</sup> қатлами билан ёйилган бир тонна нефть  $12$  км<sup>2</sup> атрофида юзани олади.



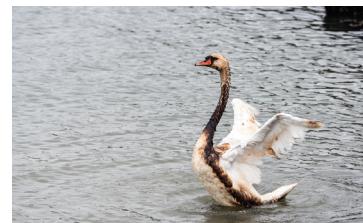
### Ўз тажрибангиз

1. Молекула ўлчамини  $10^{-9}$  м<sup>3</sup> деб олиб, дарслидан варағидаги молекулалар сонини аниқланг.
2. Қўлда ясалган палетканинг ёрдамида нефть дөғининг юзасини аниқланг. Расмга олиш ҳажмининг масштаби M1:100000 деб олинг (94-расм).



**94-расм.** Тўкилган нефть

рельефи қандай эканини тушуна олади. Туннель микроскопнинг ясалиши нанооламни ривожланишга қўйилган ҳақиқий қадам бўлди. Ушбу ютуқлар учун 1986 йили Цюрихдаги IBM компаниясининг текширув марказининг ходимлари Г.Биннинг билан Г.Рорерге Нобель мукофотига сазовор бўлди.

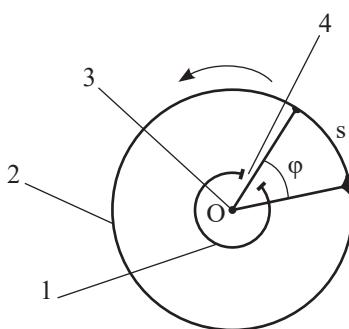


### Жавоби қандай?

1. 550 минг тонна юк кўтарадиган танкердан тўкил нефть қанча ерни олади? Каспий денгизининг юзаси билан таққосланг ( $371000\text{ m}^2$ ).
2. Нефтнинг тўкилиши қандай экологик оғатга олиб келади? (95-расм)

## III Штерн тажрибаси молекуляр-кинетик назариянинг иккинчи қоидасининг далили

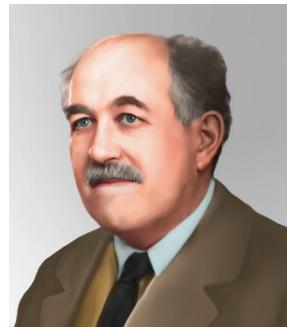
1920 йили немис физиги Отто Штерн молекулалар ҳаракатининг ўртача тезлигини аниqlашга доир тажриба қилди. Текис горизонтал таянчга  $OO_1$  ўки атрофида (96-расм) айлана оладиган икки коаксиал цилиндр (1) жойлаштирилди. Ички цилиндрда (4) тор диафрагма (2) бор. Барча тизимни вакуумга жойлаштирилган.  $OO_1$  ўки бўйлаб кумуш билан қопланган платина сим (3) тортилган, уни юқори температурагача киздирилади. Кумуш атомлари юза қатламидан буғланиб, ички цилиндрнинг тор диафрагмаси орқали сиртқи цилиндрнинг (2) деворига учиб бориб, тешикка қарши нозик чизиқлар шаклида сақланади.



**96-расм.** Штерн тажрибасини ясаш учун қурилма схемаси

Цилиндрларнинг ω бурчак тезлик билан айланishi ваqtida, atomlarни ikkinchi cilindrning devoriga

**95-расм.** Нефть тўкилган зонада қушлар ва ҳайвонларнинг ҳалок бўлиши



**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.



### Жавоби қандай?

1. Штерн тажрибасидаги қурилма нега вакуум камерага жойлаштирилган?
2. Штерн тажрибасида айланувчи цилиндрнинг сиртига ўтирган кумуш қатлами қалинлиги нега ҳамма жойда бирдай эмас?

етиш учун керакли  $t$  вақт оралигида, цилиндрлар  $\varphi$  бурчакка бурилади. Натижада атомлар олдинги қатордан  $s$  масофада пулғақча чизиги сифатида сақлады. Штерн цилиндрлар орасидаги кумуш атомларининг ўртаса тезлиги қуйидагича ҳисоблади:

$$v = \frac{R - r}{t}, \quad (1)$$

бунда  $R$  – сиртқи цилиндрнинг радиуси,  $r$  – ички цилиндрнинг радиуси.

Кумуш қаторнинг күчишими цилиндрнинг айланыш тезлиги орқали кўрсатсан:

$$s = v_{\text{п}} t = \omega R t \quad (2)$$

бунда  $v_{\text{п}}$  – сиртқи цилиндрнинг айланышининг чизиқли тезлиги, Штерн цилиндрлар орасидаги атомларнинг учиш вақтини аниқлади:

$$t = \frac{s}{\omega R} \quad (3)$$

Шу формулани эсга олиб, (1) формуладан қуйидаги ифодани олди:

$$v = \frac{\omega R (R - r)}{s} \quad (4)$$

Тажриба орқали олинган  $s$  ва  $R, r, \omega$  кийматлари маълум вақтда кумуш атомларининг ўртаса тезлиги аниқланди, у 650 м/с teng бўлди.

#### **IV Молекулалар орасидаги ўзаро таъсиралиш кучи – молекуляр-кинетик назариянинг учинчи қоидасининг далили**

Молекулалар атомлари мусбат зарядланган ядролардан ва манфий зарядланган электронлардан ташкил топган. Сиқилиш деформацияси ёки чўзилиш вақтида жисмнинг ўлчами билан шаклининг бошланғич ҳолатига келтиришга ҳаракат қиладиган куч пайдо бўлади. Бу куч модданинг атомлари ва молекулалари орасида ўзаро электромагнит таъсири туфайли юзага келади.

97-расмда графиклар берилган: 1-график – атомлар орасидаги итариш кучининг уларнинг орасидаги масофага боғликлигини, 2-график – атомларнинг тортишиш кучининг уларнинг орасидаги масофага боғликлигига тўғри келади, 3-график – молекулалар ўзаро таъсиралишувнинг натижага кучи. Графикка қараб, шундай хулоса чиқаришга бўлади:  $r \leq r_0$  бўлса, итаришиш кучи ортади, агар  $r \geq r_0$  бўлса, тортишиш кучи ортади.  $r = r_0$  масофада итаришиш кучи билан тортишиш кучи teng, шундан teng таъсири этучи кучи нолга teng  $F = 0$ .

#### **Топшириқ**

Идеал газнинг ва қаттиқ, суюқлик ҳолатдаги моддаларнинг моделини тасвирланг.

#### **Жавоби қандай?**

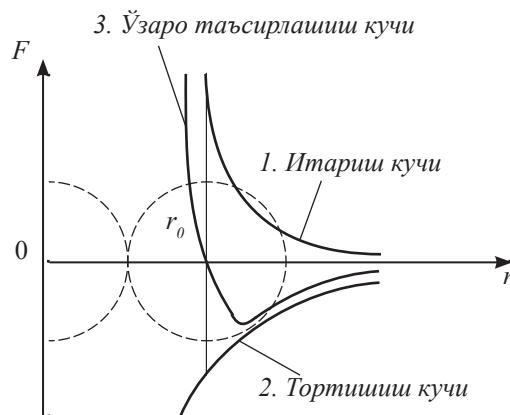
1. Тасвирлаган моделларнингизни қандай фарқи бор?
2. Моддаларнинг газ каби ҳолдаги моделининг идеал газдан қандай фарқи бор?

#### **Эсада сақланг!**

Сийраклаштирилган реал газлар идеал газларга ўхшаши. Паст босимда ва юқори температурада барча газларнинг хоссаси идеал газга яқин бўлади.

Юқори босим шароитида газ молекулалари бир-бирига яқинлашади, бу ҳолда уларнинг ўлчамларини ҳисобга олмаслик бўлмайди. Температура камайганда молекулаларнинг кинетик энергияси камаяди, нисбатан потенциал энергияга teng бўлади.

Кучнинг масофага боғлиқлик графиги молекула оралиқ күчларнинг молекула ўлчамларига тенг масофаларда пайдо бўлишини исботлайди. 2–3 молекула ўлчамига тенг масофада молекулаларнинг ўзаро таъсирлашиш кучи йўқолади.



**97-расм.** Атомларнинг ўзаро таъсирлашиш күчларининг уларнинг орасидаги масофага боғлиқлик графиги

### V МКН асосида суюқлик ва газнинг қаттиқ жисмнинг модели. Идеал газ

Сизларга моддаларнинг ҳар хил агрегат ҳолатлардаги хоссалари 7-синфдан таниш. Уларнинг асосийларини эсга туширайлик: қаттиқ жисм ўзининг шакли билан ҳажмини сақлайди. Суюқликлар ҳажмини сақлаб, шаклини осон ўзгартиради, улар окувчандир. Газлар берилган ҳажмни тўлиқ эгаллайди, уларнинг шакли ҳам ҳажми ҳам бўлмайди. Моддаларнинг ҳар хил агрегат ҳолатлардаги хоссалари билан МКН уч қоидаси ҳақидаги билим асосида уларнинг тузилишини моделлаш қийинчилик тутдирмайди.

Газларда бўладиган иссиқлик ҳодисаларини математик нуқтаи назардан тавсифлаш учун идеал газ тушунчasi киритилган.

*Идеал газ – молекулалар орасидаги ўзаро таъсирлашишининг потенциал энергиясини эътиборга олинмайдиган газнинг физик модели; молекулалар орасидаги масофалар молекулалар ўлчамидан кўп марта ортиқ. Молекулалар орасидаги итарилиши ва тортимиши күчлари бўлмайди, зарраларнинг ўзаро ва деворларга тўқнашишии абсолют эластик бўлади.*

Паст босим ва юқори температура ҳолатидаги реал газни идеал деб ҳисоблашга бўлади.

### VI Молекуляр-кинетик назариянинг (МКН) мақсади ва вазифаси. Термодинамик параметрлар. МКН-нинг асосий тенгламаси

Молекуляр-кинетик назариянинг мақсади – барча жисмлар тартибсиз (хаотик) ҳаракатланадиган алоҳида зарралардан тузилган тушунча асосида иссиқлик ҳодисаларининг қонунийлиги билан макроскопик жисмларнинг хоссаларини тушунитириш.

Молекуляр-кинетик назариянинг асосий вазифаси – моддаларнинг микроскопик ва макроскопик параметрлари орасида боғлиқлик ўрнатиш, аталган модда ҳолати тенгламасини топиш.

Молекуляр оламни тавсифлайдиган ўлчамлар, масалан молекуланинг тезлиги, унинг массаси, энергияси *микроскопик* (грек тилидан ўзгартирганда «микрос» – кичик) *параметрлар* деб аталади.

Макроскопик (грек тилидан ўзгартирганда «макрос» – улкан) ўлчамлари ва параметрлар деб жисмларнинг ҳолатини, уларнинг ички тузилишини эътиборга олмай тавсифланадиган ўлчамларни айтилади.

*Жисмларнинг ҳолатини тавсифлайдиган макроскопик ўлчамларни термодинамик параметрлар деб аталади.  $V$  ҳажм,  $p$ -босим ва  $T$  температура – термодинамик параметрлар ҳисобланади.*

Олимлар идеал газнинг макроскопик параметрлари орасидаги муносабатни аниклади. Катталиклар орасидаги боғлиқликни молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламаси деб аталди:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2 \quad (5)$$

бунда  $p$  – газ босими,  $n$  – концентрация,  $m_0$  – атом массаси,  $v$  – ўртача квадратик тезлик.

Молекулалар концентрацияси газнинг зичлиги билан  $n m_0 = \rho$  нисбати билан боғлик, (5) формулага қўйсак:

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2. \quad (6)$$

Агар молекулаларнинг ўртача кинетик энергияси  $\bar{E} = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$  эканини эсга олсак, унда (5) тенглама қўйидагича бўлади:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2 \cdot \frac{2}{2} = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$$

ёки 
$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}. \quad (7)$$

(5), (6) ва (7) нисбатларни молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламаси деб аталади.

Молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламаси макроскопик параметрларни микроскопик параметрлар билан боғлайди.

### Назорат саволлари

- Молекуляр-кинетик назариянинг асосий қоидаларини айтиб беринг.
- Штерн тажрибасининг мақсади нимада?
- Молекуляр ўзаро таъсирлашиб кучлари қандай хоссага эга?
- Идеал газ модели қандай бўлади?

- Зичлиги  $\rho = 920 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , массаси 0,023 мг бўлган сув юзасига тўкилган минерал мойининг томчи юзаси 60 см<sup>2</sup> бўлган қатлам бўлиб ёйилди.

Қатламдаги молекулалар бир қаторга жойлашган деб олиб, унинг күлдаланг ўлчамларини аниқланг.

2. Агар Штерн тажрибасида асбобнинг айналиш частотаси  $150 \text{ c}^{-1}$  бўлганда, уларнинг бурчак оғиши  $5,4^\circ$  бўлса, кумуш буғи молекулаларининг тезлиги қандай бўлади? Ташқи ва ички цилиндрларнинг оралиғи 2 см.
3. Ҳажми  $V = 1 \text{ л}$  идишда массаси 2 г водород бор. Агар водород молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги  $v = 400 \text{ м/с}$  бўлса, унинг босими қандай?

### Ижодий топшириқларлар

1. Нефть қувурларида ва нефть танкерларида бўлган оғатлар статистикасини текширинг. Мамлакатлар билан корхоналар бўйича таққослаш жадваллар (графиклар, диаграммалар) тузинг.
2. Қуйидаги мавзулар бўйича ҳисобот тайёрланг (ҳоҳишига кўра):
  - 1) Қалимги философларнинг модда тузилишига кўз қараши. Моддалар тузилишига атомистик кўзқараш.
  - 2) Табиатдаги, турмушдаги ва ишлаб чиқаришда диффузия.

## 13§. Кристалл ва аморф жисмлар

### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштиргандада:

- кристалл ва аморф қаттиқ жисмларнинг тузилишини ажратма оласиз.



### Жавоби қандай?

1. Нега монокристаллар поликристалларга қараганда қимматроқ?
2. Нега тош билан гиштнинг устига чизиш мумкин, бироқ аксинча, гишт билан тошини устига чизиқ чизолмаймиз?
3. Нега қаламнинг графит ўзакчаси ўқига перпендикуляр йўналишдагина енгил чизади?

### I Кристалл ва аморф жисмлар. Қаттиқ жисмларнинг изотроп ва анизотроплиги

Шакли ва ҳажмини сақлайдиган жисмларни қаттиқ жисм деб аталади. Физикада қаттиқ жисмлар кристаллар ва аморф жисмларга бўлинади. Кристаллар монокристаллар ва поликристаллар сифатида таснифланади.

Аморф жисмларда кристалл жисмлардан аниқ эриш температураси бўлмаслиги билан фарқланади. Физикада аморф жисмларни қовушқоқ суюқлик каби қаралади. Аморф жисмларга мум, янтарь, пластилин, шиша, қаттиқ смолани киритиш мумкин. Аморф жисмларнинг кристалл панжараси бўлмайди, улар изотропидир.

**Изотроп – модданинг физик хоссалари ҳамма йўналиш бўйича бир хил.**

Монокристалл шаклидаги кристалл жисмлар анизотропидир.

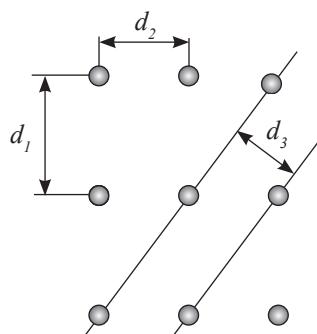
**Анизотроп – модданинг физик хоссаларининг унинг ичida олинган йўналишларга боғлиқлиги.**

Табиий холда кварц (98-расм), топаз, олмос, сутас, графит тўғри геометрик шаклга эга йирик монокристалларни турлари бўлади.

Кристалларнинг механик, иссиқлиқ, электр ва оптик хоссаларининг анизотроп ҳолатини модда зарраларининг ўзаро таъсирилашиш кучининг кристалл панжарарадаги йўналиш танлашига боғлиқлиги билан осон тушунтиришга бўлади. Уларнинг ҳар турли йўналишдаги оралиқ масофалари бошқача бўлади  $d_1 > d_2 > d_3$  (99-расм).



98-расм. Сутас ва тутинли кварцнинг монокристаллари



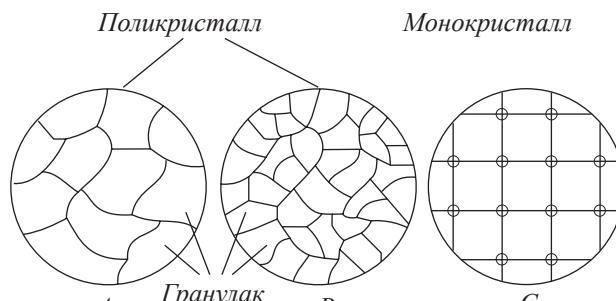
99-расм. Монокристаллар анизотроп

Поликристаллни жисм ўлчамлари 1-2 мкм-дан бир неча мм гача ўзгариб турадиган бир-бирига нисбатан тартибсиз йўналган монокристаллар шаклида мавжуд (*100-расм*). Поликристалл жисм изотроп. Агар поликристаллда гранулаларнинг йўналиш афзалликлари бўлса, унда поликристалл текстуралиқ бўлади да, анизотроп хоссага эга бўлади. Узоқ жараён давомида поликристалларда йирик кристалл блоклар пайдо бўлади. *Рекристализация* – яккаланган гранулаларнинг ўзга гранулалар туфайли оз миқдорда ўсиши ҳодисаси ўрин олади. Поликристалл жисмларга металлар, поликристалл олмозлар, керамика киради.



### Жавоби қандай?

- Нега монокристаллар анизотроп, поликристаллар эса изотроп?
- Нега аморф жисмларнинг маълум бир эриш температураси бўлмайди?
- Панжаранинг ионли, атомли, молекулали ва металл турларининг фарқи нимада?



*100-расм. Поликристаллнинг тузилиши*

## II Кристалл панжара.

### Кристаллдаги нуқсонлар

Кристаллнинг ички тузилишини кўрсатиш учун уни кристалл панжара кўринишда тасвирланади.

**Кристалл панжара** – кристалл тугунларидаги атом ва молекулаларининг мувозанат марказига мос келадиган фазовий панжара.

Кристалл панжарадаги тугунларнинг жойини ионли микроскопи ёрдамида кўриш мумкин.

*Барча кристаллар тўрт турга бўлинади: ионли, атом, молекуляр ва металл.*

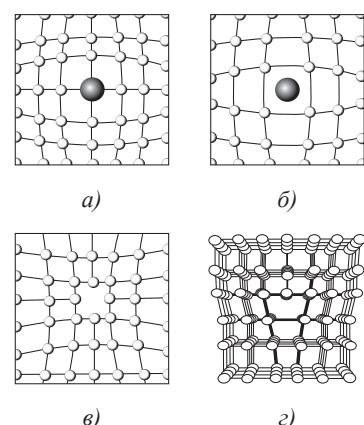
Нуқсоннинг нуқтавий чизиқли турлари бўлади. Нуқтавий нуқсонга атомларидан бирини бегона атомга алмashiши (*101 а) расм*), панжара тугунлари орасидаги фазога атомларнинг кириши (*101 б) расм*), кристалл панжара тугунларининг бирида атомларнинг бўлмаслиги (*101 в) расм*) ётади. Чизиқли нуқсонлар кристалл текислигига атомларнинг жойлашиш тартиби бузилганда рўй беради (*101 г) расм*).



### Эсингизга туширинг!

Ташки кучларнинг таъсир тўхтатилганда йўқоладиган деформация эластик деформация деб аталади.

Ташки кучларнинг таъсир тўхтатилганда йўқолмайдиган деформация пластик деформация деб аталади.



*101-расм. Нуқсон турлари*

### III Кристалл жисмларнинг мустаҳкамлиги ва қаттиқлиги

Жисмнинг ташки кучларнинг таъсиридан бузилишга қаршилик кўрсатиши унинг мустаҳкамлигини билдиради. Нуқсони бор кристалларнинг мустаҳкамлигидан тоза кристалларни мустаҳкамлиги ўн марта, хаттоти юз марта кўпидир. Техникада барча материаллар мустаҳкамлиги билан бирга қаттиқлиги фарқланади. Қаттиқлик – материалларнинг ўзга материалнинг юзасини бузиш хоссаси. Қайси материал бошқасини юзини чизиб ўтса, шу қаттиқ бўлиб саналади. Ишлов бериладиган металлга караганда металл кесадиган кескич ва бурғиларнинг қаттиқлиги юкори бўлиши керак. Уларни кобалт билан цементланган титан ёки вольфрам карбиди гранулаларидан иборат жуда қаттиқ куймалардан ясалади.

### IV Жисмларнинг эластик ва пластик деформацияси.

#### Қаттиқ жисмларнинг эластик ва пластик деформацияси

Ташки кучлар таъсиридан кристалл зарралари силжийди, шунинг таъсиридан жисм деформацияланади, яъни ҳажми ва шакли ўзгаради.

Жисм ўзининг бошлангич шаклига қайтиб келиши хоссаси жисмнинг эластиклиги деб аталади. Барча кристалл жисмлар, резина эластиклиги хоссасига эга.

Жисмнинг ташки кучлар таъсиридан ўзгарган шаклини сақлаши хоссаси жисмнинг пластиклиги деб аталади. Бундай пластиклик аморф жисмларга хос.

#### V Эластик деформациянинг турлари

Қаттиқ жисмларнинг деформацияси ташки кучларнинг тушиш нуқтаси билан йўналиши қараб тўртга бўлинади: чўзилиш ёки сикилиш, эгилиш, силжииш ва буралиш.

Жисм ўқи бўйича қарама-қарши ийналишларга қўйилган катталиклари бирдай икки кучнинг таъсири этишидан жисм узунлигининг ортиши чўзилиши деформацияси дейилади (102 а) расм). Чўзилиш деформацияси симларда, арқонларда бўлади.

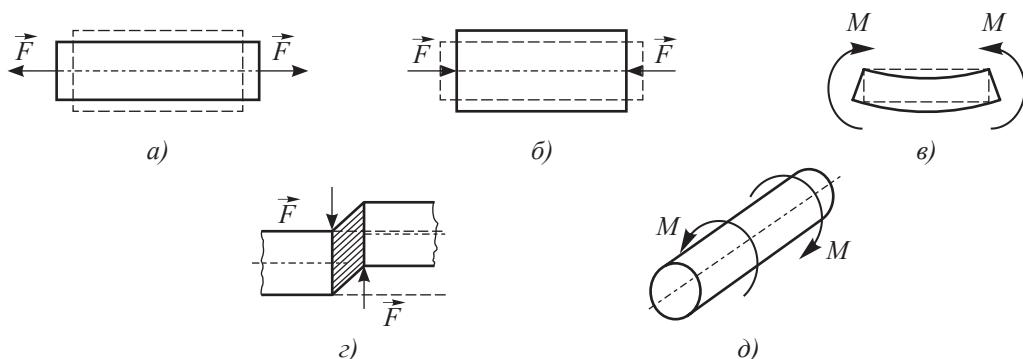
#### Бу қизик!

Кристалл мустаҳкамлигини ортириш учун конкрет нуқсонлар туғдиради. Улар тасодифий нуқсонлар занжиридаги боғлиқликни узилмаслигини тартибга солади. Масалан, пўлат таркибида уч марта вольфрам, хром бўлгандагина жуда мустаҳкам бўлади.

Кристалл мустаҳкамлигини ортириш учун конкрет нуқсонлар туғдиради. Улар тасодифий нуқсонлар занжиридаги боғлиқликни узилмаслигини тартибга солади. Масалан, пўлат таркибида уч марта вольфрам, хром бўлгандагина жуда мустаҳкам бўлади.

#### Топшириқ

Эластик ва пластик деформациясига мисол келтиринг.



102-расм. Эластик деформация турлари

Жисм ўқи бўйича бир-бирига қарама-қарши ўйналиган кучларнинг таъсиридан жисм узунлигининг қисқариши сикилиши деб аталади (102 б) расм). Сикилиши деформацияси уйнинг деворларида таянч устунларида бўлади.

Эгилиши – бир вақтда жисм юзининг қарама-қарши учларининг чўзилиши ва сикилиши деформацияси (102 в) расм). Бундай эгилиш иморатларнинг томларида, кўприкларда бўлади.

Жисм қатламларининг заиф таъсирга эга кучларнинг таъсиридан бир-бирига нисбатан кўчишини силжии деформацияси деб аталади (102 г) расм). Силжиш деформацияси таянч қисмларида, бир-бирига нисбатан ишқаланиб ҳаракатланадиган жисмларда бўлади.

Жисм ўқига перпендикуляр текисликка туширилган кучларнинг таъсиридан жисм қатламларининг бир-бирига нисбатан буралишига буралиши деформацияси дейилади (102 д) расм). Отвёртка, машина рули буралиш деформациясига киради.

## VI Монокристаллар ва поликристалларнинг қўлланилиши

Қадимдан бошлаб табиий монокристаллардан турли ялтирайдиган қиммат баҳо буюмлар, тақинчоқлар ясалаб келинган. Олмосдан, сутасдан, малахит, ёқут, марвариддан ва бошқа табиий монокристаллардан ясалган заргарлик тақинчоқлари бугунги кунгача сўранишга эга. Оптика, лазер техникаси, ярим ўтказгичлар электрониканинг ривожланиш борасида монокристалларга бўлган илмий-техник қизиқиши ортди. Оҳак шпатининг хоссаларини текшириш орқали ёруғлик поляризацияси, поляризация асбоблари ва 3D расмлар пайдо бўлди. Спектроскопда кварц шишадан ясалган призмаларни ёруғликни спектрал парчалаш учун қўлланила бошлади. Барча замонавий электр қурилмаларда жуда тоза монокристалл материаллардан ясалган қисмлар бўлади. Мустаҳкамлиги юқори табиий монокристалл олмос қурилишида оғир машина ясашда, фойдали қазилмалар ишлаб чиқаришида фойдаланилади. Олмосдан бурғи, арра, металлни кесадиган қайчи, текислаш фидираклар ясалади. Олмос табиатда кам учрайди. Сунъий монокристалларни ишлаб чиқариш натижасида, ишлаб чиқаришда олмосдан фойдаланиш 97%-гача ортди.

Электр энергиясининг муқобил манбаларига Куёш панелларини ясашда қўлланиладиган материал жуда тоза кремний катта талабга эга бўла бошлади. Кремний монокристаллини сунъий равишда кремний эритмасидан олинади, қалинлиги 0,2–0,4 мм бўлган қисмларга бўлиб, қайта ишланган материални куёш панеллари таркибида бўлган фотоэлементлар ясаш учун фойдаланилади (103-расм). Кремний эритмасини секин совутганда ундан кремний поликристали чиқади. Бу вақтда бажариладиган иш монокристаллни кремний ишлаб олганга қараганда қийин бўлади. Аммо у ҳам куёш панелларини ясаш учун фойдаланилади (104-расм). Поликристалл кремнийнинг



103-расм. Монокристаллардан ясалган куёш панеллари



104-расм. Поликристаллардан ясалган куёш панели

камчилиги – унинг сифатини камайтирадиган гранулаларнинг бўлиши. Монокристалл панеллари сериялаб ишлаб чиқариш қуёш энергиясини қайта ишлашда 22% гача самарали, поликристаллни панелларини сериялаб ишлаб чиқариш 18% самарали. Бу кремний монокристаллининг соф хом ашё бўлиши билан тушунтирилади, қуёш батареяларида 100% гача етади.

## VII Қозоғистон Республикасида кремний ишлаб чиқариш

Дунё юзи энергиянинг алтернатив манбаларидан фойдаланишга боғлиқ қуёш батареяларига талаб ортмоқда.

Қозоғистон Республикасида кремний ишлаб чиқариш саноатини яратиш давлат дастури асосида 2014 йилдан бошлаб Шимкент шахрида «Стекло К» ЖШС ишлаб чиқариш базасида юқори сифатли кремний ишлаш лойиҳаси ишлаб чиқилди, ишга туширилди. Бу лойиҳа Билим ва фан Министрлигининг «Инновацион натижага йўналган университет билимларни ривожлантириш» дастурига киритилди. Лойиҳанинг икки даврини бириттириб, завод уч маҳсулот чиқарилди: ферросилиций, техник кремний ва оқ куйи. 300 тонна оқ куйидан 200 тонна сифатли кремний олиш процессини мукаммаллаштириш, фотоэлектрик конверторлар ва қуёш батареялари панелларини монтаж қилиш режалаштирилган.

2016 йили Қарағанда шахрида кремний метал-лургиясаноати ишга кўшилди (*105-расм*). Сифати 98,5% га етадиган қозоғистонлик кремний немис компаниясининг технологияси билан чиқарилади. Бу компания кремнийни талабга эга бўлишига ҳам кафолат бўлади. Қарағанда шахридаги металл кремний ишлаб чиқариш заводининг қурилишини 2007 йили Silicium Kazakhstan компанияси бошлаган.



*105-расм. Кремний металлургиясини чиқариш саноати Қарағанда шахри*

## Назорат саволлари

1. Аморф жисмларнинг кристалл жисмлардан фарқи нимада?
2. Кристалл панжара нима? Кристалл панжаранинг қандай турларини биласиз?
3. Кристалл мустаҳкамлигини ортириш учун қандай усолдан фойдаланилади?
4. Қаттиқ жисмларда бўладиган деформация турларини айтинг. Деформациянинг ҳар бир турида бўладиган ташқи куч таъсирининг йўналиши билан тушиш нуқтасини кўрсатинг.

## Ижодий топшириқлар

Қўйидаги мавзулар бўйича хабар тайёрланг (хоҳишига кўра):

1. Кристалл ишлаб чиқариш усуллари.
2. ҚР халқ хўжалигининг турли соҳаларида кристалл ва поликристалларнинг қўлланилиши.

## 6-бобнинг хуносаси

Молекула ўлчами	Молекула сони	Бир молекула массаси
$d = \frac{V}{S}$	$N = \frac{V}{V_0}$	$m_0 = \frac{m}{N}$
<b>Штерн тажрибаси бўйича молекула тезлиги</b> $v = \frac{\omega R(R - r)}{s}$	<b>Молекулаларниң ўзаро тасирлашиши</b> $r \leq r_0$ бўлганда итаришиш кучи ортади. $r \geq r_0$ бўлганда тортишиш кучи ортади.	

### МКН асосий қоидалари ва қонунлари

#### МКН уч қоидаси

- Барча моддалар жуда майда зарралардан – орасида бўш ораликлари бор молекулалар билан атомлардан иборат.
- Модда зарралари тўхтовсиз ва тартибсиз ҳаракатланади.
- Модда зарралари бир-бири билан ўзаро таъсирашади.

#### Глоссарий

**Анизотроп** – модданинг физик хоссасининг танланган йўналишга боғлиқлиги.

**Буралиш деформацияси** – жисм ўқига перпендикуляр текисликка туширилган кучларниң таъсиридан жисм қатламларининг бир-бирига нисбатан буралиши.

**Чўзилиш деформацияси** – жисм ўқи бўйича қарама-карши йўналган катталиклари бир хил икки кучнинг таъсири этишида жисм узунлигининг ортиши.

**Сиқилиш деформацияси** – жисм қатламларининг заиф таъсирга эга кучлар таъсиридан бир-бирига нисбатан кўчиши.

**Сиқилиш деформацияси** – жисм ўқи бўйича бир-бирига қарши йўналган кучларниң таъсиридан жисм узунлигининг қисқариши.

**Жисм деформацияси** – жисмнинг шакли ва ўлчамларининг ўзгариши.

**Идеал газ** – ўлчамлари кичкина эластик шарга ўхшаш молекулалар орасидаги ўзаро таъсирашувининг потенциал энергиясини эътиборга олмаса бўладиган газнинг физик модели.

**Эгилиш** – бир вактда жисм юзининг қарама-карши учларининг чўзилиши ва сиқилиши деформацияси.

**Изотроп** – модданинг физик хоссасининг танланган йўналишга боғлиқсизлиги.

**Кристалл панжара** – тугулари кристалдаги атомлар билан молекулалар мувозанат маркази билан мувофиқ келадиган фазовий панжара.

**Макроскопик параметрлар** – жисмларниң ҳолатини, уларниң ички тузилишини эътиборга олмай мезонларни тавсифлайди.

**Пластик деформацияси** – ташқи кучлар таъсири тўхтагандан кейин йўқолмайдиган деформация.

**Пластиклик** – жисмнинг ташқи кучлар таъсиридан шаклини ўзгартириш хоссаси.

**Мустаҳкамлик** – жисмнинг ташқи кучларниң таъсиридан бузилишига чидаш бериши.

**Қаттиқлик** – материалларниң ўзга материал юзини бузиш хоссаси.

**Термодинамик параметрлар** – жисмларниң ҳолатини тавсифлайдиган макроскопик ўлчовлар  $V$  ҳажм,  $p$  босим ва  $T$  температура.

**Термодинамик мувозанат** – жисмларниң ёпиқ системасининг макроскопик параметрлари узоқ вақт доимий катталиқда бўлиши.

**Эластик деформация** – ташқи кучлар таъсири тўхтагандан кейин йўқоладиган деформация.

**Эластиклик** – жисмнинг ўзининг бошланғич шаклига қайтиб келиш хоссаси.

## 7-БОБ

### ГАЗ ҚОНУНЛАРИ

Газ қонунлари молекуляр-кинетик назириягача аллақачон тажриба ассоцида исботланиб очилган. Аталған қонунлар идеал газ моделига яқин, яъни юқори температура билан паст босимда реал газ билан тажриба ўтказиш орқали аниқланди. Ер атмосферасини ташкил қиласкан азот билан кислород каби газлар ўзгармас ҳолатда идеал газ шаклида эътиборга олиш мумкин.

#### Бобни ўқиб ўрганиш орқали сиз:

- масала ечишда идеал газ ҳолатининг тенгламасини қўллашни;
- газ процесслари графикларини ажратада олишни ўрганаисиз.

## 14δ. Идеал газ ҳолат тенгламаси. Изопроцесслар. Адиабатик процесс

### Кутиладиган натика

Бу параграфни ўзлаштирғанда:

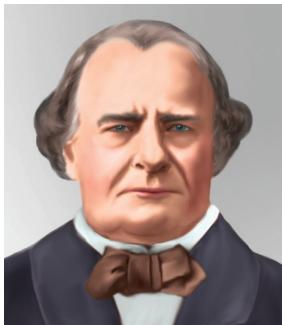
- идеал газ ҳолатининг тенгламасини масалалар ечишига қўллай оласиз; газ процесслари графикларини ажратма оласиз.

### Жавоби қандай?

- Нега бир учи кавшарланган ингичка узун найниң ичидаги суюқлик найни тўнкарганда тўлиқ тўкилмайди?
- Нега сув юзасига қалқиб чиқадиган ҳаво пуфакчалари ҳажми ортади?

### Эсда сақланг!

Идеал газ доимийсининг киймати  $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$ .



**Бенуа Полъ Эмиль Клапейрон** (1799–1864) – француз физиги ва инженери. 1834 йили идеал газ ҳолатининг тенгламасини кашф қилди.  $pV$ -диаграммасига термодинамик процессли тасвирлаб, термодинамика график усулни киритди.

### I Идеал газ ҳолатининг тенгламаси

Газнинг берилган массадаги ҳолати уч параметр билан – босим  $p$ , ҳажм  $V$  ва  $T$  температура билан аниқланади. Аталган параметрларнинг бирининг ўзгариши бошқаларининг ҳам ўзгаришига олиб келади.

**Термодинамик параметрларни боғлайдиган тенглама идеал газ ҳолатининг тенгламаси деб аталади.**

Газ ҳолати параметрларининг ўзаро боғлиқлигини МКН-нинг асосий тенгламасини оламиз

$$p = nRT. \quad (1)$$

(1) тенгламага молекулаларнинг концентрациясини хисоблаш формуласини кўйсак:

$$n = \frac{N}{V} \quad (2)$$

ва модда миқдори орқали ифодаланган модда молекулалар сонини кўйсак:

$$N = vN_A, \quad (3)$$

$$pV = \frac{m}{M} kN_A T \text{ формуласини оламиз.} \quad (4)$$

Больцман доимийсининг Авогадро сонига кўпайтмасининг универсал газ доимийсига алмаштирамиз:

$$R = kN_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}. \quad (5)$$

(5) эсга олиб, (4) тенгликни мана шундай ёзамиш:

$$pV = \frac{m}{M} RT. \quad (6)$$

(6) нисбат газ ҳолатининг тенгламаси, уни Менделеев – Клапейрон тенгламаси деб аталади.

### II Газ ҳолатининг тенгламаси ва аралашган газ қонуни

Қандайдир бир массаси  $m$  газнинг икки турли ҳо-латини кўрайлик. Бошлагич параметрлари  $p_1$ ,  $V_1$ ,  $T_1$ . Охирги параметрлари  $p_2$ ,  $V_2$ ,  $T_2$ . Бошланғич газ ҳолатининг тенгламаси қуйидагича:  $p_1V_1 = \frac{m}{M} RT_1$ . Ўзгарувчан катталикларни тенгламанинг чап томонига кўйсак, қуйидаги тенгламани оламиз:

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{m}{M} R. \quad (7)$$

Сўнгги газ ҳолатининг тенгламасини олиш учун ўхшаш катталикларнинг боғлиқлигини ёзамиш:

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{m}{M} R. \quad (8)$$

(7) ва (8) тенгламалардан ўнг тарафини тенглаб:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (9)$$

ёки

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad (10)$$

Олинган (9) ва (10) ифодани француз физиги Бенуа Клапейроннинг хурматига *Клапейрон тенгламаси* деб аталади.

### Эсда сақланг!

Идеал газ ҳолатининг тенгламаси берилган маълум ҳолат параметрларининг боғлиқлигини тавсифлайди. Газ конунлари газ ҳолатининг ўзгаришини ва бошлангич ва сўнгти газ ҳолатининг параметрлари орасидаги боғлиқликни кўрсатади.

**Берилган газ массаси учун абсолют температурага бўлинган босимнинг ҳажмга кўпайтмаси газ ҳолатига боғлиқ бўлмайдиган доимий катталик бўлади.**

### III Изопроцесслар

Физика мен техникада изопроцесслар кенг қўлланилади.

**Изопроцесс (грекча *isos* – тенг, бирдай) – система параметрларининг бирини ўзгармас қийматида массаси ўзгармайдиган системада ўтадиган процесс.**

Изопроцесслардаги икки ўзгарадиган термодинамик параметрларининг боғлиқлик тенгламаси газ қонунлари деб аталади. Газ қонунини Клапейроннинг бирлашган газ қонунининг (9) алоҳида ҳолати деб қарашга бўлади.

### IV Бойль – Мариотт қонуни

Ўзгармас температурада газ босимининг ҳажмига боғлиқлигини ўрнатадиган газ қонуни Бойль – Мариотт қонуни деб аталади. Газ қонунининг тенгламасини тажриба асосида 1662 йили инглиз физиги Роберт Бойль ва 1676 йили ундан мустақил француз физиги Эдмон Мариотт тажриба асосида олди. Бойль – Мариотт қонуни изотермик процессни таърифлайди. *Изотермик процесс – ўзгармас температурада термодинамик система ҳолатининг ўзгариши процесси.*

$T = \text{const}$  бўлганда  $m = \text{const}$ ,  $M = \text{const}$  газ учун Клапейрон тенгламасидан (9) чиқади:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (11)$$

ёки

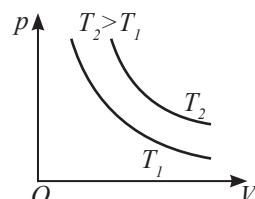
$$pV = \text{const}. \quad (12)$$

**Ўзгармас температурада берилган массадаги газ босимининг ҳажмга кўпайтмаси ўзгармас катталик бўлиб қолади.**

(11) формуладан идеал газ босими унинг ҳажмига тескари пропорционал экани чиқади:

### Жавоби қандай?

1. Клапейрон тенгламасини нега фақат модда миқдори ўзгармайдиган газлар учун қўллашга бўлади?
2. Ҳолат тенгламаси билан газ қонунининг фарқи нимада?



**106-расм. Изотермалар**

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}. \quad (13)$$

Шундай боғлиқликнинг графиги изотерма деб аталадиган гипербола. *106-расмда* ҳар хил температураларда бажариладиган икки турли изопроцесснинг изотермаси кўрсатилган. Газ температураси қанчалик юқори бўлса  $T_2 > T_1$ , изотерма  $pV$ -диаграмма текислигига шунчалик юқорида жойлашади.

### V Гей – Люссак қонуни

Изобарик процессни тавсифлайдиган газ қонуни *Гей – Люссак қонуни* деб аталади. 1802 йили француз физиги Жозеф Гей – Люссак газ ҳажмининг температурага боғлиқлигини аниқлашда эксперимент текшириши олиб борди.

*Изобарик процесс – ўзгармас босимда термодинамик система ҳолатининг ўзгарishi процесси.*

$p = const$  бўлганда Клапейрон (9) тенгламасидан:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (14)$$

ёки

$$\frac{V}{T} = const. \quad (15)$$

**Ўзгармас босимда берилган массадаги газ ҳажмининг температурага нисбати ўзгармас катталик бўлиб қолади.**

(14) тенгламадан ҳажмнинг температурага боғлиқлиги тўғри пропорционал эканини кўрамиз  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ . *VT*-диаграммасида боғлиқлик графиги координата бошидан ўтадиган тўғри чизик шаклида бўлади (*107-расм*). *Изобарик процесс графигини изобара деб аталади*. Ҳар хил босимга ҳар хил изобара мос келади. Ўзгармас температурада босим ортган сари газ ҳажми камаяди, шунинг учун босими юқори процесснинг изобараси температура ўқига яқин. *Идеал газ* учун бажариладиган газ қонунлари пастки температураларда бажарилмайди. Шундан, *VT*-диаграммасида пастки температурадаги график узук чизиқлар билан тасвирланган.

### VI Шарль қонуни

Ўзгармас ҳажмда босимнинг температурага боғлиқлигини 1787 йили француз физиги Жан Шарль тажриба асосида исботлади, уни Шарль қонуни деб аталади. *Изохорик процесс – ўзгармас ҳажмдаги термодинамик система ҳолатининг ўзгарishi процесси.*

$V = const$  бўлганда Клапейрон тенгламаси:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad (16)$$

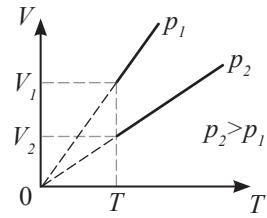
ёки

$$\frac{p}{T} = const \quad (17)$$



### Жавоби қандай?

Нега ҳолат тенгламасини қўллагандан катталикларни ХБС-да ифодалаш керак, газ қонунини қўллагандан эса физик катталикнинг ўлчам бирликлари тўғри келиши керак, масалан ҳажм литр билан ҳисобланади?



**107-расм. Изобаралар**

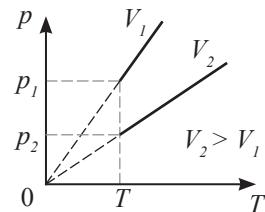


### Эсингизга туширинг!

- Номаълум кўпайтирувчины аниқлаш учун кўпайтмани маълум кўпайтирувчига бўлиш керак.
- Пропорциянинг номаълум ўрта ҳадини аниқлаш учун четки икки ҳадини кўпайтириб, маълум ўрта ҳадига бўлиш.
- Тескари пропорционал боғлиқлик графиги гипербola, тўғри пропорционал боғлиқлик графиги тўғри чизик бўлади.

**Ҳажм ўзгармас бўлганда берилган массадаги газ босимининг температурага нисбати ўзгармас катталик бўлиб қолади.**

Босим абсолют температурага тўғри пропорционал боғлиқ:  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$ .  $p$ -нинг  $T$ -га боғлиқлик графиги изохора 108-расмда кўрсатилган. Газ ҳажми ортган сари  $V_2 > V_1$ , ўзгармас температурадаги босим оз бўлади. Газ ҳажми катта изохора температура ўқига яқин жойлашган.



**108-расм. Изохоралар**

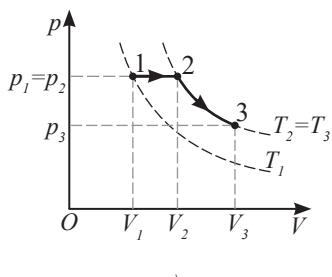
### 1-топшириқ

109 а, б, в-расмларда берилган диаграммаларга қаранг. Ҳар диаграммада қандай процесснинг графиги тасвирланган. Жавобингизни тушунтиринг.

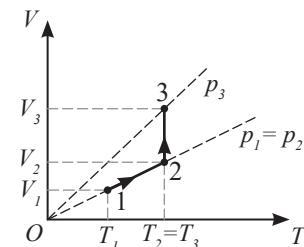
## VII Ҳар хил диаграммаларда изопроцессларнинг график тасвирланиши

Диаграммадаги ҳар қандай нуқта газ ҳолатига, чизик термодинамик процесслик мос келади.  $pV$ -диаграммасида  $p_1T_1V_1$ ,  $p_2T_2V_2$ ,  $p_3T_3V_3$  параметрларига тўғри бўладиган газнинг уч ҳолатининг нуқтасини белгилайлик (110 а) расм). Бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтиши йўналиши ўқлар билан белгиланган. Диаграммани фойдаланиши осон бўлиши учун қўшимча чизик, яъни биринчи ҳолатдаги газ температураси  $T_1$  тенг температурда изотерма чизайлик. Диаграммадан 1-нуқтадан 2-нуқтага ўтиши изобарик бўлиши кўринади:  $p_1 = p_2$ , газ температураси юқори бўлади  $T_2 > T_1$ , ҳажм ортади, демак газ 1-ҳолатдан 2-ҳолатга ўтганда изобарик кенгаяди. 2-ҳолатдан 3-ҳолатга ўтиш изотермик, газ босим камайди  $p_3 < p_2$ , ҳажм ортади, газ изотермик кенгаяди.

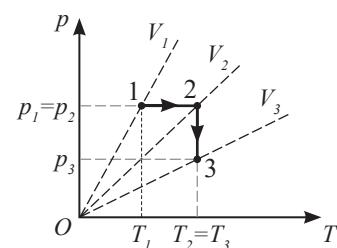
Газнинг 1-ҳолатдан 2-ҳолатга, кейин 3-ҳолатга ўтишини  $VT$ -диаграммасида (110 б) расм) ва  $pT$ -диаграммасида тасвирлашга бўлади (110 в) расм).



а)



б)



в)

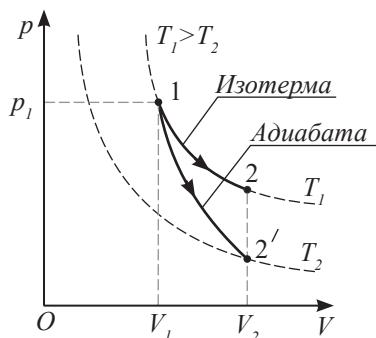
**110-расм. Тури диаграммадаги термодинамик процессларнинг тасвирланиши: 1–2 изобарик кенгайши 2–3 изотермик кенгайши**

## VIII Адиабатик процесс

Атроф-мухит газ билан иссиқлик алмашмайдыган қисқа вақт оралиғида бўла-диган процесслик *адиабатик процесс* деб аталади. Адиабатик процесс иссиқлик ўтказмайдыган газларда бўлиши мумкин.

*Адиабатик процесс – термодинамик система атрофидағи жисем билан иссиқлик алмашиниши бўлмагандага юзага келадиган процесс.*

Температураси ортган адиабатик процессга ИЁД цилинтрида ёнилғи аралаш-маси ёки ёнувчи модда буғи билан ҳаво сиқилиши процесси киради. Таркибида сув буғи бор ҳавонинг адиабатик кенгайиши натижасида булут пайдо бўлади. III-расмда адиабатик процесс графиги тасвириланган.



III-расм. Адиабатик процесстаги газ иши изотермик процессга қараганда кам



### 2-топшириқ

- Ишлаб чиқаришда сиқилган ва сийраклаштирилган газнинг қўлланилишига мисол келтиринг.
- Адиабатани изотерма билан солиши тиринг (III-расм). Графиклардан асосий фарқларини кўрсатинг.



### Жавоби қандай?

Нега изопроцесслар графиги нолдан бошланмайди?

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Массаси 10 г кислородга 10°C температурада  $p = 0,303$  МПа босим берилган. Ўзгармас босимда қиздирилган кислород 10 л ҳажмга эга бўлди. Унинг бошлангич ҳажми ва охирги температурасини аниқланг.

**Берилган:**

$$m = 10 \text{ г}$$

$$p = 0,303 \text{ МПа}$$

$$t_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 100 \text{ Па}$$

$$V_2 = 10 \text{ л}$$

$$V_1 - ?$$

$$T_2 - ?$$

**ХБС**

$$10 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$0,303 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$283 \text{ К}$$

$$10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

**Ечиш:**

$$\text{Менделеев-Клапейрон тенгламасидан } pV_1 = \frac{m}{M} RT_1,$$

$$\text{Биринчи ҳолатдаги газ ҳажмини аниқлаймиз } V_1 = \frac{mRT_1}{Mp};$$

$$V_1 = \frac{10 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 283 \text{ К}}{0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 0,303 \cdot 10^6 \text{ Па}} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Менделеев-Клапейрон тенгламасидан газнинг иккинчи ҳолатининг охирги температурасини аниқлаймиз:

$$pV_2 = \frac{m}{M} RT_2, T_2 = \frac{pV_2 M}{Rm};$$

$$T_2 = \frac{0,303 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}} = 1,18 \cdot 10^3 \text{ К}$$

**Жавоби:**  $V_1 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $T_2 = 1,18 \cdot 10^3 \text{ К}$ .

### Назорат саволлари

1. Қандай тенгламани газ ҳолатиниг тенгламаси деб аталади?
2. Қандай шарт вақтида Клапейрон усули билан олинган термодинамик параметрларнинг нисбати бажарилади?
3. Газ ҳолати тенгламасининг газ қонунидан асосий фарқи нимада?
4. Изопроцесс деганимиз нима?
5. Изотермик, изобарик, изохорик процесслар қандай процесслар?
6. Газ қонуни нима?
7. Газ қонунини таърифланг.



### Машқ

13

1. Газ сиқилғанда унинг ҳажми 8 л-дан 5 л-гача камаяди, босими эса 60 кПа-гача ортди. Бошланғич босимни аниқланг.
2. Температураси  $27^\circ\text{C}$  ёпиқ идишдаги газ босими 75 кПа-га етди. Температура  $-13^\circ\text{C}$  бўлғанда газ босими қандай бўлади?
3. Абсолют температура 1,4 марта ортганда газ ҳажми  $40 \text{ см}^3$ -га ортди. Газнинг бошланғич ҳажмини аниқланг.
4. Ҳажми 2 марта камайганда газ босими 120 кПа-га етди. Температураси эса 10% ўсади. Бошланғич босими қандай бўлди?

### Экспериментал топшириқлар

Тадқиқот олиб боринг:

Ингичка найчадан фойдаланиб, сувли идишда пуфакчалар ҳосил қилинг. Нега пуфакча сув юзига қалқиб чиққанда катталашади??

### Ижодий топшириқлар

Қуйидаги мавзулвр бўйича ҳисобот тайёрланг:

1. Компрессорлар ва уларнинг қўлланилиши.
2. Чуқур вакуумни қандай олиш мумкин? Нима учун фойдаланилади?

## 7-бобнинг хуносаси

Менделеев–Клапейроннинг ҳолат тенгламаси	Бирлашган газ қонуни Клапейрон тенгламаси	
$pV = \frac{m}{M} RT$	$m = \text{const}$ бўлганда $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}; \frac{pV}{T} = \text{const}$	
Изопроцесслар учун газ қонунлари		
Бойль–Mariott қонуни	Гей–Люссак қонуни	Шарль қонуни
$m = \text{const}, T = \text{const}$ $p_1 V_1 = p_2 V_2$ $pV = \text{const}$	$m = \text{const}, p = \text{const}$ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ $\frac{V}{T} = \text{const}$	$m = \text{const}, V = \text{const}$ $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ $\frac{p}{T} = \text{const}$

### МКН қонунлари

**Бойль–Mariott қонуни:** Ўзгармас температурада берилган массадаги газ босимининг унинг ҳажмига кўпайтмаси ўзгармас катталик бўлади.

**Гей–Люссак қонуни:** Берилган массада ва ўзгармас босимда газ ҳажмининг унинг температурасига нисбати ўзгармас катталик бўлади.

**Шарль қонуни:** Берилган массада ва ўзгармас ҳажмда газ босимининг унинг температурасига нисбати ўзгармас катталик бўлади.

**Клапейроннинг бириккан газ қонуни:** Берилган газ массаси учун босимининг ҳажмга кўпайтмасини абсолют температурага нисбати газ ҳолатига боғлиқ бўлмайдиган ўзгармас катталик бўлади.

### Глоссарий

**Адиабатик процесс** – термодинамик система атрофидаги жисм билан иссиқлик алмашув бўлмаганда юзага келадиган процесс.

**Газ қонуни** – изопроцесслар учун икки ўзгарувчан термодинамик параметри бўлган боғлиқлик тенгламаси.

**Изопроцесс** – система параметрларининг бири ўзгармас қийматида массаси ўзгармайдиган системада ўтадиган процесс.

**Изобарик процесс** – ўзгармас босимда термодинамик система ҳолатининг ўзгариш процесси.

**Изотермик процесс** – ўзгармас температурада термодинамик система ҳолатининг ўзгариш процесси.

**Изохорик процесс** – ўзгармас ҳажмда термодинамик система ҳолатининг ўзгариш процесси.

**Газ ҳолатининг тенгламаси** – термодинамик параметрларни боғлайдиган тенглама.

**Изобара** – ўзгармас босимда берилган газ массаси ҳажмининг унинг температурасига боғлиқлик графиги.

**Изотерма** – ўзгармас температурада берилган газ массаси босимининг унинг ҳажмига боғлиқлик графиги.

**Изохора** – ўзгармас ҳажмда берилган газ массаси босимининг унинг температурасига боғлиқлик графиги.

8-БОБ

## ТЕРМОДИНАМИКА АСОСЛАРИ

Термодинамика жисмларнинг иссиқлик энергияси машиналарининг механик энергиясига айланиш усууллари ҳақида эксперимент фан сифатида пайдо бўлди. Иссиқлик машиналари қўл меҳнатини механизациялаштиришда асосий роль ўйнаб келади. Иссиқлик алмашув одам умридаги асосий процесс бўлганидан, термодинамика асослари физиканинг кўплаган бўлимларига кирди.

Термодинамика – ички энергиянинг бир жисмдан иккинчи жисмга берилишини, ички энергиянинг механик энергияга ва аксинча айланиш ҳодисаларини кўриб чиқади.

### Бобни ўқиб-ўрганиш орқали сиз:

- термодинамиканинг биринчи ва иккинчи қонунининг мазмунини тушунтиришни;
- иссиқлик двигателининг қўлланилиши билан иш бажариш принципини тушунтиришни ўрганасиз.

## 15§. Термодинамика қонунларини құллаш

### Кутиладиган натыжа

Бу параграфни ўзлаштирганданда:

- термодинамиканиң биринчи ва иккінчи қонунларининг мазмунини түшүнтира оласиз.



### Жавоби қандай?

Иссиқлик ва иссиқлик миқдори нима? I ва II авлод абадий двигатели дега-нимиз нима? Нега шундай двигателларни ясаш мүмкін эмас?



### Бу қызық!

Теплород түшүнчеси асосида «иссиқлик миқдори», «жисмнинг иссиқлик сифими»га ўхшаш түшүнчалар таърифланди.



### Жавоби қандай?

- Нега физиклар теплород ҳақидағы гипотезадан бош тортды?



### 1-топширик

- Ички энергиянинг икки усул билан ўзаришига мисоллар келтиринг.
- Иссиқлик берилишининг турига таъриф беріб, мисоллар келтиринг.

### I Иссиқлик табиати

XVII асрдан бошлаб, иссиқлик табиати ҳақида иккі гипотеза юзага келди. Биринчиси бүйича, *иссиқлик материянинг маҳсус түри* – бир жисемден иккінчисига *үтадиган иссиқликни* билдиради. Жисем қызиган вактда иссиқлик фақат шу жисемге кириб, совиганда эса ташкарига чиқарылады деб ҳисобланды. Жисем қызиган вактда ҳажмнинг кенгайиши деган назарияга түғри келди, Жисемга ўтган теплород фақат қандайдыр ҳажмга эга бўлади деб санауди. Фақат нега баъзи моддаларнинг исиганда кичрайиб, совиганда кенгайиши жавобсиз қолди. Унинг устига агар модда иссиқ бўлса, унда иссиқ жисмнинг оғирлиги совук жисемга қараганда ортиқ бўлиши керак. Бирок тажрибалар жисем қизиганда массаси ўзгармайдиганини кўрсатди.

*Иссиқлик табиати ҳақида иккінчи гипотеза* – корпускуляр, у барча иссиқлик ҳодисаларини моддани ташкил қилган зарраларнинг ҳаракати билан түшүнтириди. Инглиз олими Бенджамин Томпсон, граф Румфорд, замбарак стволини учи йўқ бурғу билан пармалаганда теплород назарияси билан түшүнтира олмайдиган дараҷада иссиқлик ажралышини айтган. Румфорд замондошлирига сувли яшикка замбарак стволи солиниб, 2,5 соат бурғилашдан сўнг ичидаги сув оловсиз қайнаганини кўрсатган тажриба катта таъсир кўрсатди. Шу тажрибанинг асосида Румфорд бундай хуносага келди: «Мен ўтказган барча тажрибалар натижаси иссиқлик жисем зарраларнинг тебранма ҳаракатидан бўлади».

XIX асрнинг ўрталарига қадар олимлар «энергия», «иссиқлик миқдори», «иш» каби түшүнчаларнинг эквивалентлигини тажриба асосида исботладилар.

Иш, ички энергия ва иссиқлик миқдорининг эквивалентлигининг кўп далилини немис физиги Р.Майер билан инглиз физиги Ж.Джоуль кўрсата олди Шу катталикларнинг ўлчов бирлигини инглиз олими нинг шарафига жоуль деб аталди:

$$[A] = 1 \text{ Дж}, [Q] = 1 \text{ Дж}, [U] = 1 \text{ Дж}$$

Иссиқлик миқдорининг ўлчов бирлиги 1 калория ва ишнинг ўлчов бирлиги 1 Джоуль орасида куйидаги боғлиқлик ўрнатилди: 1 кал  $\approx 4,2$  Дж

### II Термодинамиканың биринчи қонуни

Ички энергияни ўзgartыришнинг икки усулини эсга олиб, термодинамиканың биринчи қонунини таърифлайлик.

**Бирхолатдан иккинчи ҳолатга ўтган вақтдаги жисмнинг ички энергиясининг ўзгариши  $\Delta U$  жисмга берилган иссиқлик миқдори  $Q$  билан ташқи кучнинг бажарган ишининг  $A'$  йиғиндиcига teng.**

$$\Delta U = A' + Q. \quad (1)$$

Термодинамиканинг биринчи қонуни иссиқлик процесслари учун сақланыш ва айланыш қонуни бўлади. Жисмнинг ички энергиясининг ўзгаришини унинг ҳолатига қараб сезишга бўлади. Ички энергиянинг ортишини жисм температурасининг ортишидан, унинг майдаланиши ёки парчаланиши, эриши, қайнаши, буғланиши, ҳажмининг кенгайишидан кўришга бўлади. Бир ёки бир неча жисм ҳолатининг ўзгаришига энергия сарфланса, унда уларнинг ички энергияси ортади.

**5-жадвал. Физик катталиклар ва уларнинг ўлчов бирликлари**

Физик катталилар	Белгиланиши	Ўлчов бирлиги
Модданинг солиштирма иссиқлик сигими	$c$	$[c] = 1 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Солиштирма эриш иссиқлиги	$\lambda$	$[\lambda] = \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$
Солиштирма буғланиш иссиқлиги	$r$	$[r] = 1 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$
Ёқилғининг солиштирма ёниш иссиқлиги	$q$	$[q] = 1 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$

### III Ички энергия. Ички энергиянинг ўзгариши

МКН асосида жисмнинг ички энергияси деганимиз – жисмни ташкил қилган зарраларнинг ўзаро таъсирининг потенциал энергияси ва иссиқлик ҳаракатининг ўртача кинетик энергиясининг йиғиндиcи.

Қандайдир ҳажмдаги идеал газнинг ички энергиясини аниқлайлик. Идеал газларда ўзаро таъсирининг потенциал энергияси кам, шунинг учун жисмнинг ички энергияси унинг барча молекулаларининг ўртача кинетик энергиясининг йиғиндиcига teng. Жисмнинг ички энергиясини  $U$  бир молекуланинг ўртача кинетик

энергияси  $\bar{E} = \frac{3}{2} kT$  орқали ифодалайлик:

$$U = N\bar{E} = \nu N_A \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \nu RT. \quad (2)$$

### Эсингизга туширинг!

(8синфнинг физика курсидан) жисмнинг ички энергиясини ўзгартиришнинг икки усули:

1) Механик иш бажариш;

2) Иссиқлик алмашиш.

**Энергия** – жисмларнинг ўзаро таъсирининг ва иш бажара олиш мумкинлигининг; турли ҳаракат формаларининг катталиги.

**Иш** – энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланиш катталиги.

**Иссиқлик миқдори** – иссиқлик алмашув натижасида жисмнинг ички энергиясининг ўзгаришини ўлчов катталиги.

Иссиқлик узатишнинг уч усули:

- 1) Иссиқлик ўтказувчанлик;
- 2) конвекция;
- 3) нурланиш.

### Эсингизга туширинг!

Иссиқлик миқдорини ҳисоблаш формулалари

процесс	формула
иссиқлик ва салқинлик	$Q = cm(t_2 - t_1)$
эриш	$Q = \lambda m$
қотиш	$Q = -\lambda m$
қайнав	$Q = r \cdot m$
конденсация	$Q = -r \cdot m$
ёқилғи ёниши	$Q = qm$

### 2-топширик

5-жадвалдаги катталикларга изоҳ беринг.

бундаги  $N = \nu N_A$  – берилган ҳажмдаги молекулалар сони. Модда миқдорини массанинг моляр массага нисбати билан алмаштирасак:

$$\nu = \frac{m}{M}, \quad (3)$$

Бир атомли идеал газнинг ички энергиясини ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} RT. \quad (4)$$

(4) формуладан массаси  $m$  жисмнинг ички энергияси фақат температурага боғлиқ эканини эсга оламиз, демак ички энергиянинг ўзгариши температуранинг ўзгариши билан аниқланади:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T \quad (5)$$



### Жавоби қандай?

Нега газнинг иши билан ташқи кучларнинг иши қиймати жиҳатидан тенг, ишораси жиҳатидан эса қарама-қарши?

## IV Газнинг ёки буғнинг кенгайгандаги иши

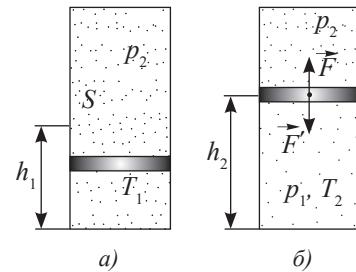
8-синф физика курсидан сизга кенгайган вақтда газнинг иши  $A = F(h_2 - h_1) = pS(h_2 - h_1)$  (116-расм) ёки  $A = p\Delta V$ ,  $(6)$

тенг бўлиши маълум. Бундаги  $p$  – газ босими.

Ташқи кучнинг иши  $A' = -F(h_2 - h_1) = -A$ .

Ташқи кучнинг иши қарама-қарши ишорада олинган газ ёки буғ ишига тенг.

$$A' = -A \quad (7)$$



112-расм. Газ кенгайгандаги иши бажараади

## V. Термодинамиканинг биринчи қонуни ва газнинг иши

(7) ифодадан фойдаланиб, термодинамиканинг биринчи қонунини (1) ифодаласак:

$$Q = A + \Delta U. \quad (8)$$

**Газга берилган иссиқлик миқдори ички энергиянинг ўзгаришига ва газнинг иш бажаришига сарфланади.**



### 3-топширик

Кенгайган пайтда газнинг иши мусбат  $A > 0$ , ташқи босим кучининг иши манфий  $A' < 0$  эканини исботланг. Сиқилиш пайтда аксинча газнинг иши манфий, ташқи кучларнинг иши эса мусбат бўлади.

## VI Изопроцесслар учун термодинамиканинг биринчи қонуни

Кенгайиш пайтида ҳажми озгина ўзгарирадиган бўлганидан, қаттиқ жисмлар учун жисмга берилган

иссиқлик миқдори унинг ички энергиясининг ўзгариши билан аниқланади:

$$Q = \Delta U. \quad (9)$$

## VII Термодинамиканинг биринчи қонунининг қўлланилиши

Механик ҳодисалардан кейин жуда кўп тарқалган ҳодисалар иссиқлик ҳодисалари ҳисобланади. Биз уларни табиатда текширамиз, кундалик ҳаётда ва техникада қўлланамиз. Иш бажарилмайдиган иссиқлик алмашув суюқликлар билан қаттиқ жисмлар бўлади, масалан, иситадиган қуроллар яхши иссиқлик ўтказувчанлика эга моддалардан ясалган, иссиқлик энергиясини сақлаш учун иссиқлик изоляторлари қўлланилади, иситиш системасида юқори иссиқлик сифимига эга модда – сувни қўлланади.

Буг ва газни факат иссиқлик алмашишдагина қўлланмайди, иссиқлик энергиясини механик энергияга алмаштирига ва иш бажаришга қўлланилади. Иссиқлик двигателларнинг иш ҳаракатининг асосида буғ (газ) кенгайиши учун бажариладиган иш ётиди. Биринчи марта буғ машиналари кемалар ва паровозларда қўлланган. Кейинчалик автомобиль, денгиз, темир йўл транспортларининг ривожланишига йўл очган ички ёнув двигателлари билан дизеллар кенг қўлланишга эга бўла бошлади. Қозогистонда 1982 йили двигателларни чиқарадиган Кўстаний дизель заводи ишга туширилди, 2010 йилдан бошлаб, «Сарыарқа Автопром» ЖШС асосида «Группа компаний «Аллюр» АЖ холдинг компанияси ишлади. Завод 7 олам брендининг – SsangYong, Peugeot, Toyota, Iveco, Hyundai, Jac, Geely 44 автомобиль моделини йиғади (113-расм). Тўлиқ цикл усули бўйича ясалган биринчи автомобиллар Nomad ва Toyota бўлди. Завод Ўрта Осиё худудида биринчи ва МДХ давлатларида иккинчи Toyota ишлаб чиқарувчи обьект бўлди. Allur Group енгил ва JAC коммерцион техникаларини ясаш лойиҳасини тавсия қилди, «Сарыарқа Автопром» МЧБ ва PSAPeugeot Citroën бирикиб иш бажаришга ва Peugeot 301 автомобиль йиғишининг тўлиқ циклига кўчишга шартнома ясади. Экологик дизель билан жиҳозланган катта Iveco Urbanway шаҳар автобусларни ясашни бошлади.

Газ турбинаси ва ракета двигателларининг пайдо бўлиши, самолёт ва ракета йиғиши космик ишлаб чиқариш ривожига таъсир этди. 2012 йили апрель ойида биринчи марта «Арай» ички маҳсулот

### 4-топширик

1. Турли температурадаги икки жисмнинг нисбатан пайдо бўлган иссиқлик процессининг йўналишини кўрсатинг.
2. Ташқи ишқаланиш кучининг таъсиридан механик энергиянинг ички энергияга айланиши қайтмас процесс эканини исботланг.
3. Қайтмас процессларга мисоллар келтиринг.



113-расм. «Сарыарқа Автопром» МЧБ заводидаги ёши мутахассисларнинг автомобилни йиғиши, Кўстаний шаҳри



114-расм. «АвиаМастер Эйркрафт» яратган «Арай» фуқаро самолёти, Алмати шаҳри

самолёти ишга қўшилди (114-расм), бу «хусусий авиация» учун Қозогистон самолёт ишлаб чиқариш ривожланишининг бошланиши бўлди.

### VIII Термодинамиканинг иккинчи қонуни

Термодинамиканинг биринчи қонуни термодинамик процесдан қандайдир энергетик баланснинг бўлиши керак эди ва бундай процесснинг мумкин ёки мумкин эмас экани ҳақида хеч нарса айтмайди. Ўз-ўзидан бўладиган процессларнинг йўналишини термодинамиканинг иккинчи қонуни кўриб чиқади, у тўғридан-тўғри аниқ иссиқлик процесснинг қайтмаслигига боғлиқ.

**Қайтмас процесс – системанинг атроф-муҳитда қандайдир ўзгаришсиз бошланғич ҳолатига қайтиб айланишига мумкинлик бермайдиган термодинамик системадаги процесс.**

1850 йили эълон қилинган «Иссиқлик ҳаракатининг қути ҳақида ва ундан иссиқлик назарияси учун олишга бўладиган қонунлар ҳақида» ишида Р.Клаузиус иссиқлик аксиома деб атаган фикрни шакллантириди: «Иссиқлик ўз-ўзидан совуқ жисмдан иссиқ жисмга узатилмайди».

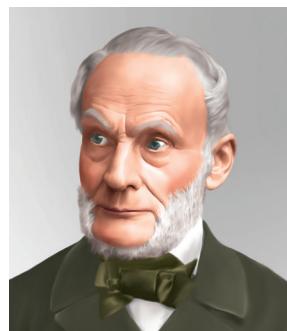
Тўлиқ шаклланган фикр термодинамикасининг иккинчи бошланиши ёки иккинчи қонуни сифатида маълум:

**Натижаси фақат температураси паст жисм температураси юқори жисмга иссиқлик алмашиб орқали энергия берилиши бўладиган процесс мумкин эмас.**

#### 5-топшириқ

Интернет тармоғини фойдаланиб, қандай олимлар термодинамиканинг иккинчи қонунининг таърифига тавсия қилган таърифларини аниqlанг.

Таърифларни солиштириб, сизга қайсиси тушунарли эканини айтинг.



**Юлиус Эммануэль Клаузиус** (1822–1888) – немис физиги, механиги ва математиги. Асосий ишлари назарий термодинамикага бағишлиланган. Илмий текширувлари учун Франция фан академиясининг кореспондент – аъзоси бўлиб сайланди.

### IX Абадий двигателлар

Термодинамика қонунларига қарамасдан баязилар «абадий двигатель» ясад чиқаришга ҳозирги кунгача уринмоқда.

Термодинамика қонунларига мос абадий двигателлининг I ва II авлод турлари бўлади.

**Биринчи авлод абадий двигатель – ташқаридан энергияни олмасдан чексиз узоқ вақт иш бажарадиган ҳаёлий машина.**

#### Эсда сақланг!

Термодинамиканинг иккинчи қонуни кўплаб текшириш натижасини қамрайдиган постулат бўлиб топилади. Унинг кўплаб тажрибали исботлари бор.

**Иккинчи авлод абадий двигатель – барча иссиқлик микдорини ишга айлантирадиган ҳаёлий механизм.**

Кўплаган ихтирочилар «абадий двигатель» яратишга ҳаракат қилишиди. Барча ҳаракатлар муваффакиятсиз якунланиб, термодинамика қонунларининг бажарилишини тажриба юзасидаги исботи бўлди. Термодинамиканинг биринчи қонуни бўйича  $A = Q - \Delta U$  эканини эсласак, демак ҳар қандай двигатель ташқаридан берилган  $Q$  энергиядан фойдаланиш орқали иш бажара олади ёки  $Q = 0$  бўлганда ўзининг ички энергиясининг камайиши  $A = -\Delta U$  ҳисобидан иш бажаришини биламиз. Термодинамиканинг иккинчи қонуни иссиқликдан тўхтатиш ва температуранинг абсолют нолга етиши мумкин эмаслигини асос этиб олади.

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Цилиндрдаги поршень остидаги идеал газ қиздирилади, газ шу вақтда 600 Дж иш бажаради. Газга канча иссиқлик микдори берилди?

**Берилган:**

$$A = 600 \text{ Дж}$$

$$Q - ?$$

**Ечиш:**

Термодинамиканинг биринчи қонуни формуласини ёзамиз:

$$Q = \Delta U + A \quad (1)$$

Биратомли газнинг ички энергияси:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} p \Delta V \quad (2)$$

$$\text{Газнинг иши: } A = p \Delta V \quad (3)$$

(1), (2) ва (3) тенгламаларни бирлаштириб, ушбуни оламиз:

$$Q = \frac{3}{2} A + A = \frac{5}{2} A.$$

Ишнинг сонли қийматини қўйиб ҳисобласак:

$$Q = \frac{5}{2} \cdot 600 \text{ Дж} = 1500 \text{ Дж.}$$

**Жавоби:**  $Q = 1500 \text{ Дж.}$

## Назорат саволлари

- Ички энергия деганимиз нима? У қандай параметрларга боғлиқ?
- Жисмнинг ёки жисмлар системасининг ички энергиясини қандай усуллар билан ўзgartаришга бўлади?
- Иssiқлик берилишининг қанча тури бор? Уларнинг таърифларини айтинг.

### Эътибор беринг!

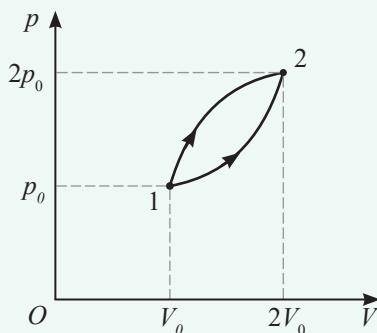
Энергиянинг ҳар қандай тури механик, химиявий, электр энергияси бўлсин ҳар қандай вақтда энергиянинг бошқа турига айланади. Ички энергия фақат гина қисман бошқа энергияга айланади. Жисм молекулалари энергиясини тўхтата олмайди.

4. Иссиклик миқдори деганимиз нима? Иссиклик миқдорини ҳисоблашнинг қандай формулаларини биласиз?
5. Бажарилган ишнинг физик маъноси нимада?
6. Термодинамика қонунларини таърифланг.
7. Термодинамиканинг икки қонуни қандай қўлланишга эга бўлди?

## ★ Машқ

14

1.  $27^{\circ}\text{C}$  температурада олинган миқдори 5 моль бир атомли идеал газнинг ички энергиясини аниқланг.
2. Газнинг ички энергиясининг ўзгариши 1-ҳолатдан 2-ҳолатга ўтиши усулига боғлиқми (*115-расм*)? Газ бир атомли бўлганлиги 1-ҳолатдан 2-ҳолатга ўтиши вақтидаги ички энергиянинг ўзгаришини аниқланг;  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ ,  $V_2 = 2 \text{ л}$ .



*115-расм.* 15-машқнинг 2 масаласига

## Ижодий топшириқлар

Қуйидаги мавзулар бўйича ахборот тайёрланг (ҳоҳишига кўра)

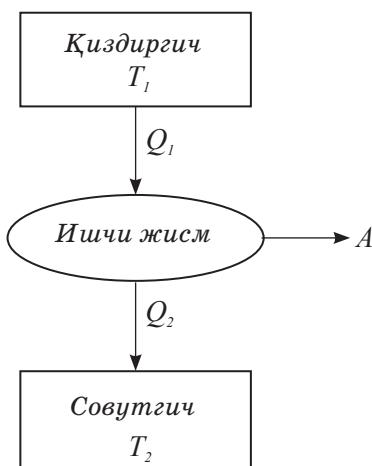
1. Қостанай дизель заводининг тарихидан.
2. «Агромашхолдинг» АЖ ривожланиш келажаги.
3. КР самолёт ва ракета ишлашнинг ривожланиш келажаги.

## 16§. Иссиклик двигателлари

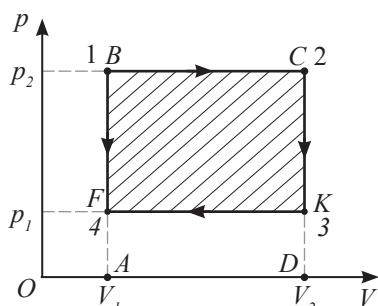
### Кутиладиган натика

Бу параграфни ўзлаштиргандан

- Иссиклик двигателларининг иш бажариш принципи билан уларнинг кўлланишини таесифлай оласиз.



116-расм. Иссиклик машинасининг принципи схемаси



117-расм. Икки изобара ва икки изохорадан иборат цикл процессининг диаграммаси

### I Иссиклик двигателларининг ишлаш принципи

Ҳар бир иссиқлик двигатели уч қисмдан: иситгичдан, совутгичдан ва сиқиладиган, кенгаядиган ишчи жисмидан ташкил топган (116-расм). Одатда ишчи жисми сифатида поршенли идишнинг ичига тўлдирилган газ ёки буг олинади. Техник жихоз ишчи жисмнинг аста-секин иситгич ва совуткич билан яқинлашиш имконини беради. Ишчи жисм иситгич билан яқинлашганда кенгаяди ва иш бажаради. Ишчи жисм билан яқинлашганда сиқилиб, поршень бошлангич ҳолатига келади, цикл бошидан қайта бошланади, ишчи иситгичдан энергия олиб, иш бажаради.

### II Циклик процесс. Бир цикл ичida газнинг иши

Икки изобарадан ва изохорадан иборат айланма процесни кўрайлик (117-расм).

Айланма процесс ёки цикл – натижада система бир неча оралиқ ҳолатдан ўтиб, қайтиб бошланғич ҳолатига қайтиб келадиган процесс.

Диаграммадан кўриб турганимиздай, газ кенгайиб, сон қиймати  $ABCD$  фигуранинг юзасига тенг  $A_1 > 0$  мусбат иш бажаради. Сиқилган ҳолда эса газ иши  $AFKD$  фигуранинг юзасига тенг  $A_2 < 0$  манфий қийматга эга. Демак, бир цикл ичida газнинг бажарган иши циклнинг барча ўтишларининг графиклари билан чегараланган  $BCKF$  фигуранинг юзига тенг:

$$A = A_1 - A_2. \quad (1)$$

### III Иссиклик машиналари. Машиналарнинг ФИК

Агар айланма процесс тўғри цикл бўйича ўтса 1-ҳолатдан 3-ҳолатга ўтади, шундан кейин соат йўналиши билан қайта 1-ҳолатга ўтса, унда машина иссиқлик машинаси деб аталди. Бунда иситгичдан ишчи жисмга берилган энергия механик энергияга айланаб, иш бажаради.

Иссиклик машинаси – газ ёки буғнинг ички энергиясини механик энергияга айлантирадиган қурилма.

Иссиқлик двигателининг ФИК газ ишининг иситгичдан берилган иссиқлик миқдорига нисбатига тенг:

$$\eta_T = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}. \quad (2)$$

бундаги  $Q_1$  – газга иситгичдан берилган иссиқлик миқдори;  
 $Q_2$  – газ совутгичга берган иссиқлик миқдори.

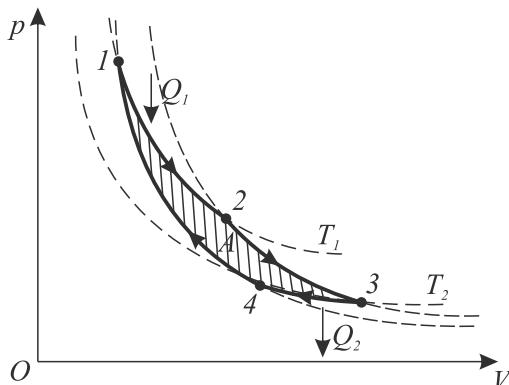
#### IV Карно цикли. Идеал иссиқлик машинаси

Биринчи иссиқлик машиналарининг ФИК ўта оз бўлди, у 8–9% гина бўлди. 1924 йили француз инженери **Сади Карно** иссиқлик двигателларнинг ишидаги асосий қонунларни очди ва максимал ФИК киймати бор бўлган циклни тавсия қилди. Карно цикли билан ишлайдиган машинани идеал машина дейилади.

Карнонинг айланма процесси икки изотермадан ва икки адиабатадан иборат. (118-расм).

С.Карно ўз хисоблашларидан идеал двигателнинг ФИК 100% бўлиши мумкин эмас деган хulosага келди, уни иситгич ва совутгич температураси билан аниқлана-диган бўлади:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \text{ ёки } \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \quad (3)$$



Жавоби қандай?

Нега идеал машинанинг ФИК-и 100% бўлмайди, таҳминан 70% га етади?

118-расм. Идеал машинанинг циклпроцесслар диаграммаси

Олинган (3) формуладан иссиқлик двигателларининг фойдали иш коэффициентини ортиришнинг икки йўли бор эканини кўрамиз: иситкичининг температурасини  $T_1$  ортириш ёки совутгичнинг температурасини  $T_2$  абсолют нолгача пасайтириш.

#### V Исиқлик двигателларининг классификацияси

Исиқлик двигателларида қўлланиладиган газ ёки энергиясини турли ёқилғи турларидан ёкиш орқали олади. Агар ёқилгининг ёниши цилиндр сиртида бўлса, двигатель сиртдан ёнув двигатели дейилади. Сиртдан ёнув двигателларига буғ машинаси, буғ турбинаси, Стирлинг двигатель киради.

Агар ёқилги кенгайин камерасининг ичидаги ёнса, унда двигатель ички ёнув двигатели дейилади. Бундай двигателларга ИЁД, дизель, роторли-поршень двигатель, турбореактив ва реактив двигатель киради.

## VI Иссиклик машиналарининг турлари ва уларнинг қўлланилиши

**Буғ машиналари.** Буғ машинасининг асосий қиймати – тузилишининг оддийлиги ва яхши тортиш кучининг бўлиши. Шунинг учун буғ машиналари тортиш двигателлари ҳисобидан масалан, паровозларда фойдаланиш жуда қулай. Буғ машиналарининг энг катта камчилиги – ФИК паст бўлиши 10%, нисбатан паст тезлик, вазнининг оғирлиги ва ёқилғи билан сув истеъмоли. *119-расм* ғилдираклари ҳаракатга келтирилган буғ машинасининг умумий қўриниши тасвирланган. Бу двигателнинг ишчи жисми сув буғи бўлади.

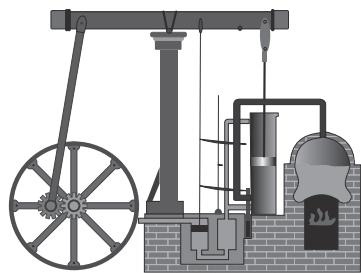
**Ички ёнув двигателлари.** Ички ёнув двигателларида иссиқлик манбаи ёқилғи энергиясидир. Ёқилғи тўлиқ ёнганда бир килограмм ёқилғи ёнганда кам деганда 15 килограмм ҳаво керак бўлади. Ёнадиган аралашмаларнинг сиқилиш даражаси ёқилгининг тўлиқ ёнишини ва двигателнинг юқори ФИК аниқлаш муҳим ҳарактерга эга. Юқори сиқилишнинг даражасига (8–9 марта) детонациясиз етиш ёқилғи таркибига қўроғшини бор маҳсус аралашмаларни кўшиш орқали мумкин бўлди. Ички ёнув двигателларнинг ФИК тахминан 20–30 % оралиғида. *120-расм*да тўрт цилиндрли ИЁД тасвирланган, у 4 такт билан ишлади: ёнадиган аралашмаларни киритиш, сиқиш, иш бажариш, ёниб бўлган газни чиқариш. Иккинчи тактининг охирига бориб учқун чиқарилиши билан ёқилғи ёниши амалга ошади. Ҳар бир цилиндрда тактлар навбати билан амалга ошади. Ички ёнув двигателлари автомобилларда қўлланилади.

**Дизель двигатели.** Немис инженери Рудольф Дизель 1892 йили ички ёнув двигателини ФИК ортириш учун ишчи жисмининг сиқилиш даражасини ортиришни тавсия қилди. Детонациясиз сиқишининг юқори даражасига ҳавони ёнувчан аралашмаларини сиқиш орқали мумкин бўлди. Сиқилиш процесси тугагандан кейин цилиндр ичига ёқилғи пуркалади. Дизель двигателларда ўт олдириш системаси зарур эмас, ёнилгини эртароқ пуркаш қийинчилик туғдирмайди ва нисбатан арzon дизель ёқилғиларни ишлатиш мумкин (*121-расм*). Ёқилгини олдиндан ҳаво билан аралаштириш бўлмаганлигидан, карбюторгра эҳтиёж йўқ. Шунга қарамай сиқилишнинг даражаси юқори бўлганидан, тузилиши мустаҳкам бўлиши керак. Дизель двигателларда сиқишининг

### 1-топшириқ

Дарсликдан ва интернет системасидан фойдаланиб, «Иссиклик машиналарининг турлари» жадвалини тузинг. Жадвалда қуйидагиларни кўрсатинг:

1. Двигатель номи;
2. Тузилиши;
3. Ҳаракат этиш принципи;
4. Қўлланиш майдони;
5. ФИК-нинг максимум қиймати.



*119-расм.* Буғ машинаси



*120-расм.* Ички ёнув двигатели

юқори даражаси 20:1 бўлганда ФИК юқори қийматга эга бўлади. Замонавий дизелларнинг ФИК тахминан 40% бўлади.

Дизель двигателлар кучли юк транспортида, тракторларда, денгиз транспортларида, темир йўл локомотивларида ишлатилади.

**Стирлинг двигатели.** 1816 йили шотландлик Р. Стирлинг ички ёнув поршенли двигателини ўйлаб топди. Иш цикли 4 такт бўйича: сиқилиш, иссиқлик манбасига ўтиш, иш бажариш, совутиш. Ишчи газ буғ машинасидай ташки иссиқлик манбани чиқаради (*122-расм*), двигателда доим айланишда бўладиган сув орқали совутилади. Буғ машинаси билан солиштирганда Стирлинг двигателининг ФИК бир қанча юқори – тахминан 30%. Стирлинглар товушсиз режимда ишлаши билан, иқтисодий жиҳатидан фарқланади, улар ҳар қандай ёқилги билан: ёғоч, кўмир, газ хаттоки куёш энергияси билан ҳам ишлайди. Уларни автоном уйларни иситиш ва электр энергияси билан таъминлаш учун қўлланилади. Стирлинг двигателларининг тузилиши энг самарали турлари кемалар учун, сув ости кемалари ва юк транспорти учун ясалди. Махсус радиоизотопли энергия манбаси бор стирлинг генератори NASA 2020 йили Сатурн йўлдошларига ташкил қилинаётган экспедициясида фойдаланилади.

**Газ турбиналари** – сиқилган ёки қиздирилган газ энергиясини механик ишга айлантирадиган доимий ҳаракат двигателлар (*123-расм*). Ёқилги турбина сиртида ва унинг ичida ҳам ёна олади. Турбина тузилишининг асосий қисмлари ротор ва статор бўлади. Газ турбинали двигателларнинг афзалиги – ФИК юқори қийматга эга бўлиши ва поршенли двигателлар билан солиштирганда зарарли моддалар оз чиқариши, чанг туридаги кўмирларни фойдалана олиши. Газ турбиналарини товушдан тез ҳаракатланадиган самолётларда, суюқ ёқилғи ракеталарида фойдаланилади.



*121-расм.* Дизель

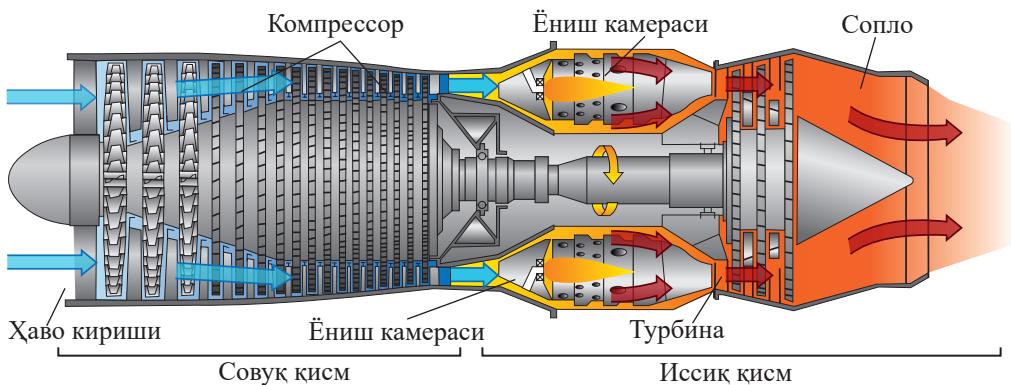
#### 2-топшириқ

1. Иссиқлик машиналарининг атроф-муҳитга таъсирини текшириб, атроф-муҳитни саклаш чораларини тузинг.
2. Қозогистоннинг 5 катта шаҳарида ва ўз шаҳрин гиздаги енгил автомобилларнинг атмосферага йилига бўлинадиган зарарли моддалар ҳажмини аниқланг.

Ҳисоблаш натижалари асосида солиштириш диаграмма тузинг.



*122-расм.* Стирлинг двигатели



123-расм. Газ турбинаси

## VII Иссиқлик машиналарининг атроф-муҳитга таъсири

Иссиқлик машиналари атроф-муҳитга салбий таъсир этади. Ёкилги ёнганда атмосферадаги ҳавода кислород ишлатилади, атмосферага углерод гази чиқарилади. Ер юзидан чиқариладиган инфрақизил нурланиши кўп миқдорда атмосферада ютилади. Бу атмосферадаги углерод концентрациясининг ортиши ва температуранинг кўтарилишига олиб келади. Кўмир ва нефть ёнганда атмосфера одам соғлигига заарли азот ва олтингутурт аралашмалари билан ифлосланади.

Атмосферанинг ифлосланишининг ярмидан кўпини автомобиллар чиқаради. Карбонад ангидрид билан азот аралашмаларидан бўлак автомобиллар йил сайин атмосферага 2–3 млн. т кўрғошин чиқаради. Двигателга ёкилги детонациясини бўлдириласлик учун ёкилғига кўрғошин аралашмасини қўшади.

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Идеал иссиқлик машинасида ишчи жисм бир циклда иситгичдан  $10^3$  Ж иссиқлик олади ва  $300$  Ж иш бажаради. Советгичнинг температураси  $280$  К бўлса, машинанинг ФИК ва иситгичнинг температурасини аниқланг.

**Берилган:**

$$Q_1 = 10^3 \text{ Дж}$$

$$A = 300 \text{ Дж}$$

$$T_2 = 280 \text{ К}$$

$$T_1 - ?$$

$$\eta - ?$$

**Ечиш:**

Иссиқлик машинасининг ФИК аниқлаш учун маълум формулаларини қўлланамиз:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} \quad (1)$$

$$\text{ва} \quad \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}. \quad (2)$$

$$\text{ФИК ни ҳисоблаймиз } \eta = \frac{300 \text{ Дж}}{10^3 \text{ Дж}} = 0,3; \eta = 30\%.$$

Иситгичнинг температурасини аниқлаш учун (2) формулани ўзgartирамиз:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 1 - \eta \Rightarrow T_1 = \frac{T_2}{1 - \eta}.$$

### Эсада сақланг!

Ўртacha йиллик юриши 15 минг км бўладиган сенгил автомобиль атмосферага 250 кг углерод, 27 кг азот ишқорини чиқаради.

Хисоблашни бажарамиз:

$$T_1 = \frac{280K}{1 - 0,3} = 400 K.$$

**Жавоби:** 30%, 400 К.



## Машқ

15

- Иссиқлик машинаси ёпік цикл бүйіча иш бажаради. Циклда берилған иссиқлик миқдори  $Q_1 = 0,1$  МДж,совутгичга  $Q_2 = 80$  кДж берилған. Циклдаги фойдалы ишни ва иссиқлик машинасининг ФИК қандай?
- Агар иситгич билан совутгичнинг температуралари мос равища  $t_1 = 200^\circ\text{C}$  ва  $t_2 = 17^\circ\text{C}$  бўлса, идеал иссиқлик машинасининг ФИК ни аникланг.
- Идеал иссиқлик машинаси бир циклда  $A = 73,5$  кДж иш бажаради. Иситгичнинг температураси  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ , совутгичнинг температураси  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ . Циклнинг ФИК и ва бир циклда совутгичга берилған иссиқлик миқдорини топинг.
- Оlamda 1 млрддан кўп енгил автомобиль бор. Енгил автомобильда 1 кг ёқилғи ёниши учун 2,5 кг кислород керак. Бир автомобиль бир йилда тахминан 10000 км юради ва 10 тонна бензин ёқади. Атмосферага таркибida 200 турли модда 800 кг карбон диоксиди, 40 кг азот оксиди, 200 кг углерод, 3,5 кг зиёнли кўрғошин, 5–8 кг резина чангти бор 160 тонна фойдаланилган газ чиқаради. Бир йил ичида кислород истеъмолини ва автомобиль чиқарадиган зиёнли моддаларнинг сонини аникланг. Олинган натижаларни атмосферадаги ҳавонинг массаси билан солиштиринг.
- Евро Осиё энергетик корпорациясининг Ақсу ИЭС қувати 325 МВт №6 энергоблогида 2012 йили икки электрофильтрнинг (блокдаги кулни 99,7%. тутади) монтажи бошланди. Ҳозирги вақтда блокдаги мазут истеъмоли йилига тахминан 1,5 тонна бўлди. Агар 5 тонна мазут ёнганда тахминан 4 кг кул чиқадиган бўлса, кулнинг атмосферага таралиши қанча марта камаяди?

## Назорат саволлари

- Қандай процессни айланма цикл деб аталади?
- Ҳар қандай иссиқлик машинасининг асосий қисмларини айтинг.
- Иссиқлик машинасида энергиянинг қандай алмашиниши бажарилади?
- Қандай процессни Карно цикли деб аталади?
- Қандай иссиқлик двигателларини биласиз?
- Иссиқлик двигателларининг фойдалы томонлари билан камчилигини айтинг.
- Иссиқлик машиналари атмосферага қандай зиёнли моддаларни чиқаради?
- Иссиқлик машиналарини фойдаланишдаги экологик проблемани ечишнинг қандай йўллари бор?

## Ижодий топшириқлар

«Иссиқлик двигателлари ва атроф-муҳитни ҳимоялаш» мавзусида маъруза тайёрланг.

## 8-бобнинг хулосаси

Ички энергия, ички энергиянинг ўзгариши	Газнинг иши	Иссиқлик миқдори
$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$ $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$	$A_p = p \Delta V$ $A = \frac{m}{M} R \Delta T$ Ташқи кучларни иши билан газнинг ишининг боғлиқлиги $A' = -A$	қиздириш (совитиш) $Q = cm(t_2 - t_1)$ эриш (қотиш) $Q = \lambda m$ қайнаш (конденсация) $Q = r \cdot m$ Ёқилғи ёнган вактда $Q = qm$
Термодинамиканинг I қонуни	Машиналарнинг ФИК	
	Иссиқлик машинаси	Идеал иссиқлик машинаси
$\Delta U = A' + Q$ $Q = A + \Delta U$	$\eta_T = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$	$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

### Термодинамика қонунлари

#### Термодинамиканинг биринчи қонуни

Бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтгандаги жисмнинг ички энергиясининг ўзгариши жисмга берилган иссиқлик миқдори  $Q$  билан ташқи кучнинг бажарган ишининг  $A'$  йигиндисига тенг.

Газга берилган иссиқлик миқдори ички энергиянинг ўзгаришига ва газнинг иш бажаришига сарфланади.

#### Термодинамиканинг иккинчи қонуни

**Кельвин таърифи:** «Цикл бўйича иш бажарадиган иссиқлик машинасида иситтичдан олинган иссиқлик миқдорини тўлиқ механик энергияга айлантириш процесси мумкин эмас».

**Клаузиус таърифи:** «Иссиқлик температураси юкори жисмлардан температураси паст жисмларга ўз-ўзидан узатилади».

### Глоссарий

**Адиабатик процесс** – термодинамик система атрофидаги жисм билан иссиқлик алмашув бўлмаганда бажариладиган процесс.

**Биринчи авлод абадий двигатели** – ташқаридан энергияни олмасданоқ чексиз узоқ вақт ишлайдиган ҳаёлий машина.

**Иккинчи авлод абадий двигатели** – барча иссиқлик миқдорини ишга айлантирадиган ҳаёлий механизм.

**Жисмнинг ички энергияси** – жисмларнинг ўзаро таъсирининг, ҳаракатининг ва иш бажара олиш мумкинлигини тури формаларининг қиймати.

**Иссиқлик миқдори** – иссиқлик алмашув натижасида жисмнинг ички энергиясининг ўзгаришини ўлчов қиймати.

**Конвекция** – иссиқликнинг, газнинг ёки суюқликнинг, иссиқ ва совуқ қатламларининг аралашшиши орқали узатилиши. Конвекциянинг эркин ва мажбурли турлари бор.

**Айланма процесс ёки цикл** – натижасида система бир неча оралиқ ҳолатдан ўтиб, қайтиб бошланғич ҳолатига қайтиб келадиган процесс.

**Иссиқлик ўтказувчанлик** – жисм зарраларининг ўрнини алмаштирумасдан, иссиқликнинг жисмни қаттиқ қиздирилган қисмидан қиздирилмаган қисмiga узатилиши ёки жисмларни бир-бирига теккизилган иссиқликнинг қаттиқ қиздирилган жисмдан совуқ жисмга узатилиш процесси.

**Иссиқлик двигатели** – газнинг ёки буғнинг ички энергиясини механик энергияга айлантирадиган қурилма.

**Термодинамика** – механик ва энергияларнинг ўзаро айланиш процессини ҳамда ички энергиянинг бир жисмдан иккинчи жисмга узатилиш ҳодисасини ўрганадиган физиканинг бўлими.

**Модданинг солиштирма иссиқлик сифими** – массаси 1 кг модданинг температурасини 1 К га ўзгартириш учун керак бўлган иссиқлик миқдори.

**Солиштирма эриш иссиқлиги** – эриш температурасида массаси 1 кг модданин тўлиқ суюқликка айлантириш учун керак бўлган иссиқлик миқдори.

**Солиштирма буғланиш иссиқлиги** – қайнаш температурасидаги массаси 1 кг суюқликни тўлиқ буғга айлантириш учун керак бўлган иссиқлик миқдори.

**Ёқилғининг солиштирма ёниш иссиқлиги** – массаси 1 кг ёқилғи тўлиқ ёнганда ажраладиган иссиқлик миқдори.

**Универсал газ доимийси** – ўзгармас босимда бир моль газнинг температурасини 1 Кга ортириш учун қандай иш бажариш кераклигини кўрсатадиган катталик.

## 9-БОБ

# СҮЮҚ ВА ҚАТТИҚ ЖИСМЛАР

Суюқлик ва қаттиқ жисмларнинг хоссалари модданинг ички тузилишига, яъни зарралар орасидаги масофа билан уларнинг жойлашишига боғлиқ. Суюқликлар молекулаларининг қаттиқ жисм молекулалари билан ўзаро таъсирилашиб хусусиятларига қараб биз капиллярлик ҳодисасида, суюқликларнинг қаттиқ жисмларни хўллашини биламиз.

Буғланиш хоссаси натижаси суюқликларнинг қаттиқ жисмлар юзида ташқи шароитларга боғлиқ холда буғ пайдо бўлади.

Шу бобда биз суюқликлар ва уларнинг буғининг баъзи хоссаларини ўрганамиз.

### Бобни ўқиб-ўрганиш орқали сизлар:

- гигрометр ва психрометр ёрдамида ҳавонинг намлигини аниқлашни;
- сирт таранглик табиатини ва капиллярлик ҳодисаларини кундаклик турмушдаги ролини ўрганасиз.

## 17§. Ҳавонинг намлиги. Шудринг нуқтаси

### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштиргандо:

- гигрометр ва психрометр ёрдамида ҳавонинг нисбий намлигини аниқлай оласиз.

### Эсингизга туширинг!

Модданинг суюқ ҳолатидан газ ҳолатига айланиш процессини буғланинг процесси деб аталади. Конденсация – буғнинг суюқликка айланиш процесси.

### Жавоби қандай?

- Буғланишининг қандай икки усули бор? Уларга маълумот беринг.
- Буғланиш тезлиги нимага боғлиқ бўлади?

### Эсада сақланг!

- Метрологияда абсолют намлиқ деб ҳавонинг таркибида мм.сим.уст. шаклда берилган сув буғи босимиға айтилади.
- Сув буғининг моляр массаси:  
$$M = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$
.

### Эсада сақланг!

ХБС бўйича абсолют намлиқни ўлчам бирлиги:  
$$[\rho] - 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$
.  
кўпинча кўлланиладиган ўлчам бирлиги:  
$$1 \frac{\text{см}}{\text{см}^3}$$
.

### I Тўйинган буғ ва тўйинмаган буғ

Агар буғланиш жараёни ўзгармас температурадаги ёпиқ идишда ўтса, унда қандайдир вақт ўтгандан кейин суюқлик буғи концентрациясининг ортиши тўхтайди. Буғланиш ва конденсация процессларининг орасида динамик мувозанат юзага келади.

**Динамик мувозанат – бир хил вақт оравида суюқликдан чиқиб кетаётган молекулалар сони билан суюқликка қайтиб тушаётган молекулалар сони тенг бўладиган термодинамик системанинг ҳолати.**

**Ўз суюқлиги билан динамик мувозанатда бўладиган буғ тўйинган буғ деб аталади.**

Буғнинг босими температура билан молекулалар концентрациясига боғлиқ:

$$p = nkT \quad (1)$$

(1) тенгламадан  $T = \text{const}$  бўлганда буғнинг босими факат молекула концентрацияси билан аниқланишини кўрамиз. Демак, буғ бирлик ҳажмда маълум бир молекула миқдори билан тўйинади. Температура ўзгарган шароитда босим икки параметр бўйича: температура билан ва молекулалар концентрацияси билан аниқланади.

*Тўйинган буғ босимидан паст босим юзага келтирадиган буғ тўйинмаган буғ бўлади.*

**Ўз суюқлиги билан динамик мувозанатда бўлмаган буғ тўйинмаган буғ деб аталади.**

Агар суюқлик сиртидаги буғ тўйинган бўлмаса, унда буғланинг конденсациядан юқори бўлади.

### II Ҳавонинг абсолют намлиги.

### Шудринг нуқтаси

Атрофимизни ўраб турган ҳавода ҳар доим сув буғи бўлади.

1  $\text{м}^3$  ҳаво ҳажмида бўлган сув буғининг миқдорини ҳавонинг абсолют намлиги деб аталади.

Агар ҳажми  $V$  ҳавода массаси  $m$  буғ бўлса, унда ҳавонинг ҳар бир бирлик ҳажмидаги сув буғи қуидаги формулага тенг бўлади

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (2)$$

$\rho$  – абсолют намлик.

Ҳаво таркибида бўлган сув буғи тўйинмаган ҳисобланади.

**Атмосферадаги ҳавода сув буғи тўйинган ҳолатга айланадиган температура шудринг нуқтаси деб аталади.**

Шудринг нуқтаси ҳаво таркибида сув бугининг бўлишига боғлиқ. Агар ҳавонинг абсолют намлиги юқори бўлса, унда конденсация нисбий турда юқори температура ларда юзага ошади.

### III Нисбий намлик

Сувнинг куриши интенсивлиги нисбий намлик билан тавсифланадиган сув бугининг тўйиниш даражасига боғлиқ.

**Ҳавонинг нисбий намлиги – ҳавонинг абсолют намлигининг берилган температурада  $1\text{m}^3$  ҳавони тўйинтириш учун керак бўлган буғ микдорига фоиз ҳисобида берилган нисбати.**



**Жавоби қандай?**

Нега сув буғи бор ҳавонинг тўйиниш даражасини абсолют намлик билан аниқлаш мумкин эмас?

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_m} \cdot 100\%, \quad (3)$$

бундаги  $\varphi$  – нисбий намлик,  $\rho$  – бугнинг абсолют намлиги,  $\rho_m$  – берилган температурадаги тўйинган бугнинг намлиги.

Абсолют намликларнинг нисбати босимларнинг нисбатига teng эканини исботлаш қийин эмас, демак,

**Берилган температурада ҳаво таркибида бўладиган сув буғи босимишинг шу температураги тўйинган сув бугининг босимига нисбатининг фоиз ҳисобида олинган қиймати ҳавонинг нисбий намлиги деб аталади.**

$$\varphi = \frac{p}{p_m} \cdot 100\%, \quad (4)$$

бундаги  $p$  – сув бугининг босими,  $p_m$  – шу температурадаги тўйинган буғ босими.

### IV Гигрометр. Толали гигрометр

Ҳаво намлигини аниқлайдиган асбобларга гигрометр деб аталади (грек. «гигрос» – намлик). Гигрометрларнинг бир неча турлари бор: толали, конденсацион, психрометрик, электронли, термогигрометрлар.

Толали гигрометрнинг иш ҳаракати ҳаво намлиги ортганда отнинг ёлисининг ёки одам сочининг узайишига асосланган. Намлик 0 дан 100% гача ўзгарганда, сочининг узайиш узунлигининг 2,5% бўлади. Гигрометрда соч деформацияси ричаг

системасининг ёрдами билан стрелка кўрсаткичига (124-расм), гигрографларда эса айланма барабан тасмасига ёзув ёзадиган ручкасига берилади. Аниқ ишлайдиган асбоблар паст температураларда ишлай олмаслигидан, қиши фаслида толали гигрометр  $-10^{\circ}\text{C}$  ва ундан паст температураларда ишлайдиган асосий асбоб ҳисобланади.

Гигрографлар толали ёки плёнкали бўлади (125-расм). Барабан айланishi кунлик ёки ҳафталик бўлади.

*Толали гигрометр ёрдамида ҳавонинг нисбий намлиги аниқланади.*

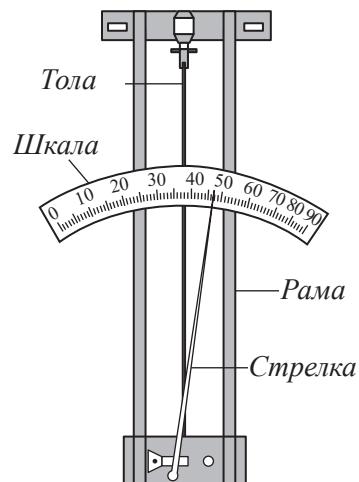
## V Конденсацион гигрометр. Шудринг нуқтаси бўйича ҳавонинг намлигини ўлчаш

Конденсацион гигрометрни шудринг нуқтасини аниқлаш учун кўлланилади. У штативга ўрнатилган металл камера кўринишида бўлади (126 а-расм). Камерада икки тешик бўлади: биринчиси термометр учун, иккинчиси ҳавони ҳайдаш учун (126 б-расм). Камеранинг олдинги девори (2) ва ҳалка айланаси (3) ойна юзасидек текисланган. Ҳалқа рамкаси билан камера бир-биридан иссиқлик ўтказмайдиган материал билан бўлинган (4). Камерани (1) спирт билан ёки эфир билан ярим тўлдирилади, шундан кейин резина пуркагич (5) орқали суюқлик юзига ҳавони ҳайдайди. Қутиш жараёнида суюқлик совиб, кутича деворларида буғ конденсацияланади. Рамка юзи билан солиширганда кутичанинг текисланган юзи қораяди. Шудринг пайдо бўлган вақтда термометр кўрсаткичларини – шудринг нуқтаси ҳисобланади.

Шудринг нуқтаси орқали бинодаги ҳавонинг намлиги аниқланади. Бунинг учун тўйинган буғ зичлиги жадвалидан шудринг нуқтасига тўғри келадиган абсолют намлик  $\rho$  топилади. Худди шу жадвал бўйича атроф-мухит температурасидаги тўйинган буғнинг зичлиги  $\rho_t$  аниқланиб, нисбий намликни (2) формула билан ҳисобланади. Тўйинган буғ босими жадвали бўйича парциал босим билан тўйинган буғ босимини аниқлаш орқали худди шундай ҳисоблашларни амалга ошириш мумкин.

## VI Электронли термогигрометр

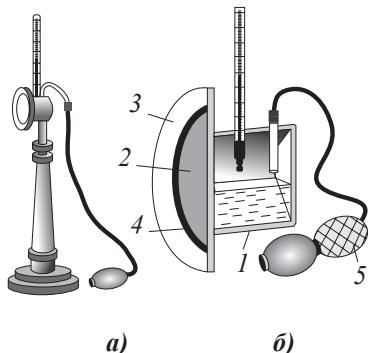
Термогигрометр – ҳаво температураси билан намлигини аниқлайдиган чўнтак асбоби ҳисобланади. Термогигрометр икки метеорологик қурилмани – ҳаво темпе-ратурасини ўлчайдиган рақамли термометр билан текшириладиган объектнинг зонд



124-расм. Толали гигрометр



125-расм. Плёнкали гигрограф



126-расм. Конденсацион гигрометр

билан нисбати орқали жисм намлигини ўлчайдиган рақамли гигрометри боғлайди. Бинодаги намликни ўлчаш учун термогигрометр – иситиш асбобларидан, кондиционерлардан камида бир ярим метр масофада жойлаштирилади (127-расм). Бинога асбобдан бошқа олинадиган қуроли бор рақамли термогигрометрлар жойлаштиришга бўлади. Термогигрометрнинг асосий мақсади – ҳавонинг намлик даражаси ва шудринг нуқтасини аниқлашдан иборат. Уни турмушда ва ишлаб чиқаришда (масалан, курилиш материалларининг, гипснинг, ёғочнинг намлигини билиш учун), омбор ичидағи намликни баҳолашда, ёғочдан ясалган буюмларни сақлаш учун, медицина хоналарининг, кутуб хоналарнинг, музейларнинг намлигини баҳолашда кўлланилади. Улар оддий ҳамда қўлланишга кулагай, суюқ кристалл дисплей билан жиҳозланган. Шунинг билан, кўплаб қўшимча хизматларни бажара олади, масалан, компьютерга қўшила олиши, календарь тақвими ва термометрининг бўлиши. Кўпинча автомобилда ва хонада кўлланиладиган термогигрометрларга талаб катта (128-расм).



128-расм. Рақамли термогигрометр

## VII Психрометр

Психрометр ҳавонинг нисбий намлигини аниқлаши учун қўлланилади. У бир корпусга жойлаштирилган икки бир хил термометрдан тузилган (129-расм). Термометрнинг бирининг резервуари дока билан ўралиб, сув қуйилган идишга солинган (2). Докадаги сув буғланганда термометр совийди, унинг кўрсаткичи курғоқ термометр кўрсаткичидан паст бўлади. (1). Психрометр билан ҳавонинг нисбий намлигини аниқлаш учун ҳаво температурасини ва қурғоқ билан намли термометрнинг температура кўрсаткичларининг фарки аниқланади. Психрометрик жадвал бўйича (9-жадвал) ҳавонинг нисбий намлиги аниқланади.

## Топшириқ

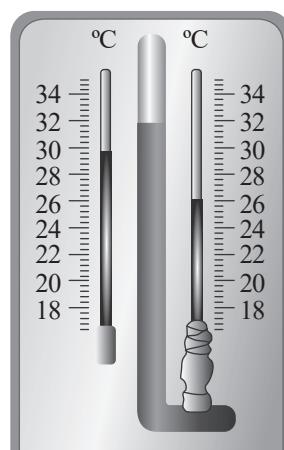
1. Параграфдаги конденсацион гигрометр ва психрометрнинг иш қоидаси ҳақида ўкинг.
2. Асбобларни қўллаш орқали нисбий намликни аниқлаш алгоритмини тузинг.
3. Физика кабинети, мактаб зали ва фойедаги ҳавонинг намлигини ўлчанг.



127-расм. Термогигрометр

## Жавоби қандай?

Ҳаво намлиги ортганда психрометр кўрсаткичи қандай ўзгаради?



129-расм. Психрометр



### Жавоби қандай?

- Нега туман күпинча тонгги вақтда пайқалади (130-расм)?
- Нега ҳаво температураси пасайғанда хонада намлик кузатилади?
- Нега қүёш ботгандан кейин шудринг туширади?

**130-расм.** Бурабай күлидаги тонгги туман

### Назорат саволлари

- Қандай бұғни түйинган деб аталади?
- Ҳавонинг абсолют намлиги деганимиз нима? Қандай үлчов бирлиги билан үлчанади?
- Қандай температурани шудринг нүктаси деб аталади?
- Нисбий намлик деганимиз нима?
- Ҳавонинг намлиги қандай ва уни қандай асбоб билан аниқланади?



### Машқ

**16**

- Температураси  $50^{\circ}\text{C}$  түйинган бұғ зичлигини аниқланг.
- Бошланғич температураси  $20^{\circ}\text{C}$  түйинган сув буғини суюқликдан ажратыб олиб, үзгармас ҳажмда  $30^{\circ}\text{C}$ -гача қиздирилди. Бұғ босимини аниқланг. Бұғнинг бу тури қандай аталади?
- Агар сув буғининг босими  $8 \text{ кПа}$  бўлса,  $50^{\circ}\text{C}$  температурада ҳавонинг абсолют намлиги қандай?
- Температураси  $300 \text{ K}$  ҳавонинг абсолют намлиги  $12,9 \text{ g/m}^3$ . Ҳавонинг нисбий намлигини аниқланг.

### Экспериментал топшириқлар

Иккита хона термометридан қўлланиб, хонадон хоналаридаги ҳаво намлигини аниқланг. Натижаларни тақъосланг.

### Ижодий топшириқлар

Маъруза тайёрланг (хоҳишига кўра)

- Метрологик хизматда қўлланиладиган замонавий гигрометрлар.
- Намликни аниқлайдиган асбобларнинг қўлланиш чегараси.
- Тирик организмларнинг яшашида намликнинг бажарадиган роли.

## 18§. Суюқликнинг сирт таранглик кучи. Хўллаш, капиллярлик ҳодисаси

### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштиргандан

- Сирт тарангликнинг табиати ва капилляр ҳодисасининг кундаклик турмушдаги ўрнини тушунтира оласиз.



### Жавоби қандай?

- Нега нам қумдан ясалган шар ҳам сув остида сочилиб кетади?
- Нега сувли қўлқопни ечиш қўйин?



### Ўз тажрибангиз

Симдан ясалган халка ва ип ёрадамида тажриба ўтказинг (139-расм).

Халқани совун эритмасига солинг. Турли соҳаларда парданинг яхлитлигини бузиб, натижани кузатинг.

Нега одам сув юзига сузиб чиққанда сочи бошига ёпишади да, сув остида осон таралади (131-расм)?



131-расм. Сирт таранглик кучининг таъсири

### I Сирт таранглик кучи

Суюқлик эркин сирти билан параллел молекуляр ўзаро таъсир кучининг таъсир этувчилари юза қатламдаги молекулаларни яқинлашишига харакат қиласди. Ўша кучларнинг таъсирлари натижасида сирт қатлами таранглик ҳолатига тушади. Суюқлик билан қаттиқ жисм чегарасида сирт таранглик кучи қаттиқ жисм билан унинг сиртига перпендикуляр таъсир қиласди (132-расм). Сирт таранглик кучининг таъсирини оддий тажрибалардан пайқашга бўлади. Совун эритмасига четларини ип билан боғланган симдан ясалган халқани соламиз. Халқа ичидаги эркин жойлашган совун пардаси ҳосил бўлади (132 а) расм). Энди ипнинг бир томонидаги пардани тешамиз. Қолган парда қисқариб, ипни чўзиб, унга ёй шаклини беради (132 б) расм). Энди ипни четига боғлаб, тажрибани такрорлаймиз (132 в) расм). Халқа ичидаги пардани тешсак, натижада парданинг сиртқи қисми халқани чўзиб, халқани ўз ҳолатига келтиради (132 г) расм).



132-расм. Сирт таранглик кучини текшириши

**Сирт таранглик кучи деганимиз – суюқлик сирт қатламининг юзасини қисқартирадиган ва шу сиртга уринма бўйича йўналган суюқликнинг сирт қатлами молекулаларининг ўзаро таъсирлашиш кучи.**

## II Сирт таранглик коэффициент. Томчини узилиши усули билан сирт таранглик коэффициентини аниқлаш

Сирт таранглик ҳодисасига сонли маълумот бериш учун сирт таранглик коэффициенти киритилган.

**Сирт таранглик коэффициенти – сирт таранглик кучининг суюқлик сирт қатламининг узунлигига нисбати.**

Сирт таранглик коэффициенти  $\sigma$  (сигма) ҳарфи билан белгиланади. Маълумот бўйича:

$$\sigma = \frac{F_k}{l}, \quad (1)$$

Бу ердаги  $l$  – сирт қатлами узунлиги,  $F_{\text{с.к.}}$  – сирт таранглик кучи.

Диаметри кичик найчадан узиладиган суюқлик томчиси учун сирт қатлами чегараси радиуси найчанинг ички радиусига тенг айланада узунлиги бўлади (*140 арасм*):

$$l = 2\pi r = \pi d. \quad (2)$$

Томчи оғирлиги таранглик кучига тенг бўлганда ажрайди:

$$P = F_{\text{с.к.}} \quad (3)$$

(1), (2), (3) формулалардан:

$$\sigma = \frac{mg}{\pi d} \quad (4)$$

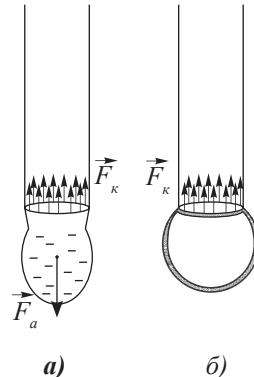
экани чиқади.

Агар найчадан совун пуфагини чиқарсак, унда икки сирт қатлам пайдо бўлади (*133 б*) *расм*), демак, совун пуфаги найчадан сиртқи куч таранглик қатламининг икки чегарасида пайдо бўлган сирт таранглик кучига тенг бўлганда узилади:

$$F_{\text{сирт}} = 2F_{\text{с.к.}}. \quad (5)$$

Сирт таранглик коэффициентининг ўлчов бирлиги:  $[\sigma] - 1 \frac{H}{m}$ .

*Сирт таранглик коэффициенти суюқликнинг турига, температурасига ва унинг таркибида аралашма бўлишига боғлиқ. Суюқлик температураси ортганда ва унинг таркибида аралашма бўлган ҳолда сирт таранглик коэффициенти камаяди.*



**133-расм.** Сирт қатламининг чегараси найча айланасининг узунлиги бўлади



### Ўз тажрибангиз

Сирт таранглик коэффициентининг суюқлик турига, температурасига ва таркибида аралашманнинг бўлишига боғлиқлигини текширинг (*140-расм*). Томчи узилиб сирт таранглик коэффициенти ортганда, томчининг ҳажми қандай ўзгаради?

### III Ҳўллаш. Чегаравий бурчак

Суюқликларнинг қаттиқ жисмлар билан чегарасида жойлашган молекулалар суюқлик молекулалари билан бирга, қаттиқ жисм молекулари билан ҳам ўзаро таъсирашади.

Агар қаттиқ жисм зарраларининг тортиши кучи суюқлик молекуларининг тортишини кучидан кимга бўлса, суюқлик қаттиқ жисмни ҳўллайди. Суюқликнинг эркин сирти эгриланади, ботик шаклга эга бўлади (*134 а) расм*).

Агар суюқлик қаттиқ жисмни ҳўлламаса, унда суюқликнинг эркин сирти қавариқ ҳолатига келади (*134 б) расм*). Суюқлик эркин сиртининг эгриланини мениск дейилади.

Қаттиқ жисм сирти билан мениска ўтказилган уринманинг қаттиқ жисм билан эгриланни нуқтасини чегаравий бурчак  $\theta$  деб аталади.

Қаттиқ жисмни ҳўллайдиган суюқликлар учун чегаравий бурчак – ўткир, ҳўлламайдиган суюқликлар учун ўтмас бўлади.

### IV Капилляр ҳодиса

Ҳўллайдиган ва ҳўлламайдиган суюқликларнинг қаттиқ жисмларни сирти билан ўзаро таъсирашиши капилляр ҳодисанинг сабаби бўлади.

**Капилляр деганимиз – ички диаметри жуда кичик началар.**

Лотин тилидан таржима қилганда «капиллус» – соч. Агар идишдаги суюқлик нача деворларини ҳўлласа, суюқлик кўтарилиши капилляр ичидағи суюқликка таъсир этадиган оғирлик кучи сирт таранглик кучига тенг бўлганда давом этади:

$$F_{\text{ор}} = F_{\text{с.к.}}, \quad (6)$$

бундаги  $F_{\text{ор}} = mg = \rho Shg = \rho \cdot \pi r^2 hg,$   $(7)$

$$F_{\text{с.к.}} = \sigma l = \sigma 2\pi r. \quad (8)$$

(7) ва (8) формуласарди (6) формулага қўйсак,  $\rho \pi r^2 hg = \sigma 2\pi r$  бўлади, бундан:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho gr} \quad (9)$$

ёки  $h = \frac{4\sigma}{\rho gd}$   $(10)$

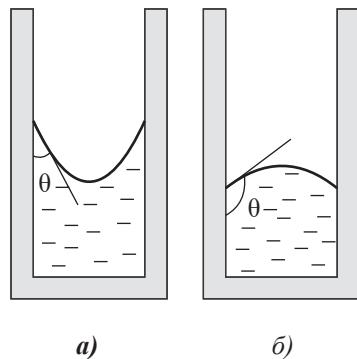
*Капилляр диаметри қанча кичик бўлса, капилляр ичидағи суюқликнинг баландлиги шунча юқори бўлади.*

Суюқлик нача деворларини ҳўлламайдиган ҳолда, суюқлик идишдаги суюқлик баландлигидан паст бўлади. Пастга тушиш даражасини (9) формула аниқлайди.

#### Эсада сақланг!

Сирт таранлик коэффициентининг ўлчов бирлиги:

$$[\sigma] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$



*a)*

*б)*

*134-расм. Капилляр ичидағи суюқликнинг эркин сирти эгриланади.*

#### Ўз тажрибангиз

- Шиша капилляр ичида сувнинг эркин сирти ўйиқ бўлишига;
- Диаметри кичик начанинг ичида сиртнинг эгриланиси бир чама ҳажмда бўлишига эришинг, кузатилган ҳодисаларни МКН асосида тушуниринг.

#### Ўз тажрибангиз

Турли фабрикадан чиқарилган сочиқларнинг сифатини текширинг.

## V Капилляр ҳодисасининг кундалик турмушдаги роли

Капилляр ҳодисалар кундалик турмушда мухим роль ўйнайди. У турмушда ҳам, табиатда ҳам кўп учрайдиган ҳодиса. Барча ўсимликлар билан тирик органларнинг тўқималарида организмнинг барча озиқланадиган моддалар олиб борадиган капилляр найчалар мавжуд. Ўсимликларнинг илдиз системаси кўплаб капилляр найча шаклида бўлади. Зичлашган тупроқ таркибида ҳам найчалар системаси бўлади. Тупроқда шу капилляр найчаларни йўқ қилиш учун уни юмшатиш керак. Кундалик турмушда биз намликни осон сингдирадиган салфеткалар ва сочиқларни кўлланамиз. Фломастер билан маркернинг ишлаш принципи ҳам капилляр ҳодиса билан тушунтирилади. Аксинча ёзма қофозларнинг сифати яхши бўлиши учун юза қатламини маҳсус қатлам билан қоплаш керак бўлади. Курилиш материалларини ишлаб чиқарилганда, маҳсус сув ўтказмайдиган кийимларни ва маҳсус ишчи кийимларини тикиш вақтида капилляр ҳодиса ва материалларга маҳсус сингдириш масалалари кўриб чиқилиши керак.



### Топшириқ

Хўллашни амалда кўлланишга ва капилляр ҳодисасига мисоллар келтиринг.



### Жавоби қандай?

Нега уй қурганда, уйнинг пойдеворида капиллярларни йўкотиш керак?

### Назорат саволлари

1. Қандай кучларни сирт таранглик кучи деб атایмиз?
2. Суюқликларнинг қаттиқ жисм билан чегарасида сирт таранглик кучи қандай йўналади?
3. Сирт таранглик коэффициенти деб қандай катталикни атایмиз? У қандай ўлчов бирлигидаги ўлчанади?
4. Қандай ҳодисани ҳўллаш, қандай ҳодисани капилляр ҳодиса деб аталади?



### Машқ

17

1. Узунлиги  $l = 4$  см бўлган гугурт чўпи сув юзида қалқиб юрибди. Агар чўпнинг бир четига мой томизсак, чўп ҳаракат келади. Чўпга таъсир этадиган куч билан унинг йўналишини аниқланг. Сув билан мойнинг сирт таранглик коэффициенти  $\sigma_1 = 72 \text{ мН/м}$  ва  $\sigma = 33 \text{ мН/м}$ .
2. Радиуси  $R = 6$  см бўлган сим ҳалқа мис купороси эритмаси юзасида жойлаштирилди. Ҳалқани эритма юзидан юлиб олиш учун қандай куч керак? Мис купоросининг сирт таранглик коэффициенти  $\sigma = 74 \text{ мН/м}$ .
3. Учининг диаметри  $d = 0,4$  мм томизгичнинг ёрдамида сувни  $m = 0,01$  г аниқликда ўлчаб қўйишга бўладиган бўлса, сувнинг сирт таранглик коэффициенти нима teng?
4. Каналларининг диаметри  $d = 1$  мм ва  $d = 2$  мм икки туташ капилляр ичидаги симоб сатҳларининг фарқларини аниқланг.

## Ижодий топшириқлар

Күйидаги мавзулар бўйича ахборот тайёрланг (хоҳишига кўра):

1. Кир ювиш воситаси доғ ва кирни қандай кетказади?
2. Катта совун пуфагини ясаш учун эритмани қандай тайёrlашга бўлади (135-расм)?
3. Оғир ва енгил саноатда капиллярлардан қўлланиш чегараси.
4. Табиатдаги капилляр ҳодисалар.
5. Қозогистон Республикасида сув ўтказмайдиган матолар билан қурилиш материалларини ишлаб чиқариш.



135-расм. Катта совун пуфаги

## 9-бобнинг хуносаси

Ҳавонинг намлиги	Сирт таранглик коэффициенти	Капиллярдаги суюқликнинг кўтарилиш баландлиги
Абсолют намлик $\rho = \frac{m}{V}$	$\sigma = \frac{F_{c.k.}}{l}$	$h = \frac{2\sigma}{\rho gr}$
Нисбий намлик $\varphi = \frac{\rho}{\rho_m} \cdot 100\%$ $\varphi = \frac{P}{P_m} \cdot 100\%$		$h = \frac{4\sigma}{\rho gd}$

### Глоссарий

**Ҳавонинг абсолют намлиги** – 1 м<sup>3</sup> ҳаво ҳажмида бўладиган сув бүгининг миқдори.

**Гигрометр** – ҳавонинг намлигини аниқлайдиган асбоб.

**Динамик мувозанат** – бир вақт ичидан учиб чиқадиган молекулалари сони билан суюқликка қайтиб тушадиган молекулалар сони тенг бўладиган термодинамик система-ning ҳолати.

**Капиллярлар** – ички диаметри жуда кичик найчалар.

**Конденсация** – бугнинг суюқликка айланиш процесси.

**Сирт таранглик коэффициенти** – сирт таранглик кучининг суюқликнинг юза қатламиининг узунлигига нисбати.

**Чегаравий бурчак** – қаттиқ жисм юзи билан менискка ўтказилган уринманинг қаттиқ жисм билан кесиши нуқтаси.

**Мениск** – суюқлик эркин юзининг эгриланиши.

**Тўйинган буғ** – ўзининг суюқлиги билан динамик мувозанатда бўладиган буғ.

**Тўйинмаган буғ** – ўзининг суюқлиги билан динамик мувозанатда бўлмайдиган буғ.

**Ҳавонинг нисбий намлиги** – ҳавонинг абсолют намлигининг берилган температурада 1 м<sup>3</sup> ҳавони тўйинтириш учун керакли буғ миқдорини фоиз туридаги муносабати.

**Буғланиш** – модданинг суюқлик ҳолатидан газ ҳолатига ўтиш процесси.

**Сирт таранглик кучи** – суюқликнинг сирт қатламиининг ҳаводаги юзасини камайтиришга ва шу юзага уринма бўйича йўналган суюқликнинг юза қатламларининг молекулаларининг ўзаро таъсир кучи.

**Шудринг нуқтаси** – атмосферадаги ҳавода сув бүгининг тўйинган ҳолатига айланиш температураси.

«Электр ва магнетизм» бўлимининг асосий мазмуни электромагнит майдоннинг хусусиятлари билан унинг зарядланган жисмлар билан ўзаро таъсирлашишини тавсифлаш бўлади. Электродинамикада зарядланган жисмлар орасидаги электр ва магнит ўзаро таъсирлар кўрилади. Электромагнит майдон орқали юзага ошадиган ҳар қандай ўзаро таъсирлашишлар электродинамиканинг асоси бўлади.

## 10-БОБ

# ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Қўзғалмайдиган зарядлар орасидаги ўзаро таъсирларни текширадиган электродинамиканинг бўлими электростатика деб аталади. Заряд мусбат қийматлар билан манфий қийматларни олади. Энг биринчи «электр заряди» деган тушунча 1785 йили Кулон қонунига киритилган.

### Бўлимни ўқиб-ўрганиш орқали сизлар:

- электр майдонининг хоссалари билан унинг куч чизиқларининг тавсифларини аниқлай оласиз;
- электростатик майдоннинг заряд ҳаракатига таъсирини тавсифлай оласиз;
- электростатик ва гравитация майдонларининг тавсифларини солиштира оласиз;
- оддий электр занжирида конденсаторнинг ролини тушунтира оласиз.

## 196. Электр майдони

### Кутиладиган натижা

Бу параграфни ўзлаштирганданда:

- электр майдонининг хоссалари ва унинг куч тавсифларини аниқлай оласиз;
- электростатик майдоннинг заряд ҳаракатига таъсируни тавсифлай оласиз.



### Эсингизга туширинг!

Атом нейтралдир.

Маълум бир электронларини йўқотган атом, мусбат ион бўлиб қолади.

Ортиқ электронлари бор атом манфий ион деб аталади.

### I Электр заряди

Мумкин бўлган энг минимал электр зарядига электрон эга, уни элементар заряд деб аталади. Жисмларнинг зарядлари электронларнинг ортиқ бўлишига боғлиқ, яъни унда уларнинг заряди элементар зарядга бўлинади. Ҳар қандай зарядланган эркин зарра элементар заряднинг бутун сонини олиб юради:

$$q = N|e| \quad (1)$$

Заряднинг ХБС бўйича ўлчов бирлиги  $[q] = 1$  Кл.

**Кулон – ток кучи 1 А бўлгандага ўтказгичнинг кўндаланг юзасидан 1 с ичида ўтадиган электр заряди.**

1843 йили инглиз физиги М.Фарадей заряднинг сақланиш қонунини очди.

**Ҳар қандай ёпиқ системада электр зарядларининг алгебраик йигиндиси шу системадаги ҳар қандай процесс вақтида ўзгаришсиз қолади.**

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = const. \quad (2)$$

Заряднинг сақланиш қонуни энергия ва импульснинг сақланиш қонулари қаторида табиатнинг асосий қонуни бўлади. У микродунё билан макродунё жисмларида қўлланилади.



### Эсада сақланг!

Электрон зарядининг қийматини ўлчашни биринчи бўлиб 1909–1913 йиллари америкалик физик Р.Милликен бажарди.

У электр майдонидаги мойнинг микроскопик томчиларининг ҳаракатини кузатган.

У томчи зарядларининг элементар зарядга бўлинишини аниқлаб ва шу заряднинг қийматини ўлчади, у:

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

### II Кулон қонуни

Икки нуқтавий заряднинг ўзаро таъсирилашиш қонунини 1785 йили француз олимни Ш.Кулон аниқлади. **Нуқтавий зарядлар** – ўлчамлари уларнинг орасидаги масофадан анча кичик бўлган зарядланган жисм.

Кулон тажриба асосида қуйидаги таъриф айтган:

**Икки нуқтавий заряднинг ўзаро таъсирилашиш кучи зарядларни бирлаштирувчи тўғри чизик бўйича йўналган, зарядларнинг модулларининг кўпайтмасига тўғри пропорционал ва орасидаги масофанинг квадратига тескари пропорционал.**

$$F_K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{\varepsilon r^2} \quad (3)$$

ёки

$$F_K = \frac{k|q_1||q_2|}{\varepsilon r^2} \quad (4)$$

бундаги  $|q_1|$ ,  $|q_2|$  – ўзаро таъсирашаётган жисм зарядларининг модуллари,  $r$  – нуқтавий зарядлар орасидаги масофа,  $k$  – пропорционаллик коэффициенти,  $\varepsilon_0$  – электр доимийси,  $\varepsilon$  – мухитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги.

*136-расмда* икки нуқтавий заряднинг ўзаро таъсирашиш кучлари тасвирланган, Ньютоннинг учинчи қонуни асосида улар:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}. \quad (5)$$

Кулон кучлари *марказий* бўлади, улар нуқтавий зарядни бирлаштирувчи тўғри чизиқ бўйича таъсира тадди.

### III Электр майдони

Зарядланган жисмларнинг атрофидаги фазо янги хоссага эга бўлади: унга киритилган енгил ёки зарядланган жисмлар итариш ёки тортишиш кучларининг таъсирига учрайди. Кучнинг таъсиридан жисмлар кўчиб, фазода маълум бир тартиб билан жойлашади. Майда қалқиб юрган қириндишларнинг зарядланган жисмларнинг атрофида жойлашувини кузатганда кўришга бўлади (*137-расм*), турли шаклдаги жисмлар учун кўриниш турлича бўлади.

Зарядланган жисмларнинг атрофидаги фазони электр майдони деб аталади. Электр майдони тушун-часини биринчи бўлиб инглиз физиги М.Фарадей киритди. Фарадей электр майдонининг таъсиридан зарядлар тортилади ёки итарилади деб айтган.

**Электр майдони – зарядланган жисмлар ўзаро тъсирашадиган материянинг бир тури.**

*Кўзгалмайдиган ва вақт ўтиши билан ўзгармайдиган заряднинг электр майдони электростатик майдон деб аталаади.*

Зарядланган жисмнинг атрофидаги электр майдонини мусбат зарядланган нуқтавий заряднинг – синов зарядининг ёрдамида текширишга бўлади.

### Эсада сақланг!

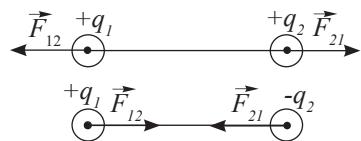
Электроннинг массаси

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг.}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{H \cdot m^2}{Kl^2}.$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{Kl^2}{H \cdot m^2}$$

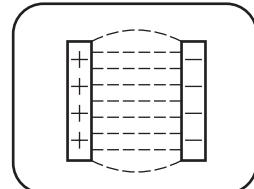
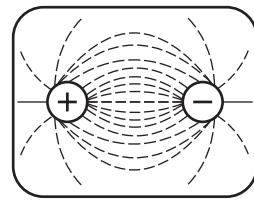
$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.$$



*136-расм.* Нуқтавий зарядларни бирлаштирадиган тўғри чизиқ бўйича таъсира тадидиган кулон кучлар

### Ўз тажрибангиз

Электростатик майдон куч чизиқларини кузатадиган асбоблардан фойдаланиб, зарядланган пластиналарнинг ва нуқтавий зарядларнинг атрофидаги фазони текширинг (*137-расм*).



*137-расм.* Мойда қалқиб юрган қириндишларнинг зарядланган жисмларнинг атрофида жойлашиши

## IV Электр майдонининг кучланганлиги. Нуқтавий заряднинг кучланганлиги

Кучланганлик – электр майдонинг куч тавсифи.

**Электр майдонининг кучланганлиги** – майдоннинг фазони маълум бир нуқтасига жойлаштирилган мусбат синов зарядига таъсир этувчи кучига тенг куч-нинг шу зиядати кечидига тенг:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (6)$$



### Ўз тажрибангиз

Синов заряддан фойдаланиб, зарядланган металл шарнинг электр майдонини ўрганинг.

Шарга қандай заряд берилганини аниqlанг. Шардан узоклаштирилганда электр майдони қандай ўзгаради?

(6) формуладан майдонга киритилган  $Q$  нуқтавий зарядга таъсир этадиган кучни аниqlаймиз:

$$F = qE. \quad (7)$$

Кулон қонуни бўйича  $Q$  ва  $q$  нуқтавий зарядларнинг орасидаги ўзаро таъсирилашиб кучи:

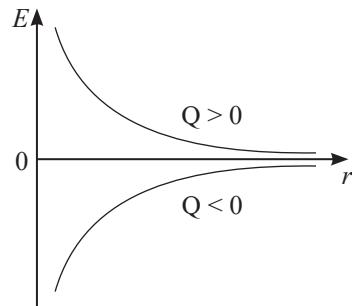
$$F = \frac{k|Q||q|}{\epsilon r^2}. \quad (8)$$

(7) ва (8) формулага мос равища:

$$E = \frac{kQ}{\epsilon r^2} \quad (9)$$

Бу – нуқтавий заряднинг майдон кучланганлигини ҳисоблаш формуласи. Фазонинг берилган нуқтасидаги кучланганлик майдонни юзага келтирган жисмнинг  $Q$  заряди билан аниqlанади, у майдонга киритилган  $q$  зарядга боғлиқ эмас. Кучланганлик масофа функцияси бўлади, фазонинг нуқтаси майдон манбасидан қанчалик олис жойлашса, кучланганлик модули шунчалик кичик (138-расм). (6) формулага мос кучланганликнинг ўлчов бирлиги:

$$[E] = 1 \frac{H}{K_l}$$



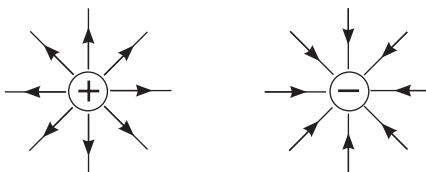
138-расм. Нуқтавий заряд майдони кучланганлигининг масофага боғлиқлик графиги

## V Кучланганлик векторининг йўналиши ва куч чизиқлари

Электр майдонининг кучланганлиги вектор катталик бўлади. Кучланганлик векторининг йўналиши фазонинг ҳар қандай нуқтасида мусбат синов зарядга таъсир этадиган куч йўналишига мос келади.

Агар майдонни мусбат заряд юзага келтирган бўлса, унда фазонинг ҳар қандай нуқтасида майдоннинг кучланганлик векторининг йўналиши заряддан радиал тўғри чизиқ бўйича йўналади. Манфий заряд юзага келтирган майдоннинг кучланганлик векторининг йўналиши радиал тўғри чизиқ бўйича зарядга караб йўналади. Радиал тўғри чизиқлар – кучларнинг таъсир этиш чизиқлари, улар электр майдонининг куч чизиқлари бўлади (139-расм). Энг биринчи куч чизиқлари тушунчасини М.Фарадей киритган. Шундан кейин майдоннинг тасвирини бериш тушунарли ва кулагай бўлди.

Икки параллел пластина юзага келтирган майдоннинг куч чизиқлари – бир-бираидан бирдай масофада жойлашган параллел чизиқлар ва уларнинг зичликлари ўзгармайди (140-расм). Бундай майдонни бир жинсли деб аталади. Бир жинсли майдоннинг барча нуқтасида кучланганлик вектори ўзгармас бўлади.

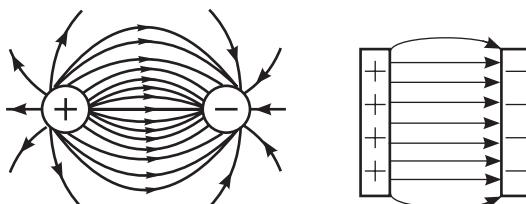


**139-расм.** Мусбат ва манғий нуқтавий зарядларнинг куч чизиқлари



### Жавоби қандай?

- Нега электр майдонининг куч чизиқлари кесишмайди?
- Нега бир жинсли майдонга киритилган нуқтавий заряднинг кўчиши унга таъсир этадиган кучга таъсир этмайди?



**140-расм.** Ҳар хил ишорали нуқтавий зарядлар билан ҳар хил ишорали пластиналар орасидаги майдоннинг куч чизиқлари

Нуқтавий зарядлар юзага келтирган бир жинсли бўлмаган майдоннинг куч чизиқларининг зичликлари зарядга яқин ерда зич бўлади да, заряддан узоқлашган сари камаяди, яъни майдон кучланганлиги ўзгаради. Куч чизиқларининг зичлиги майдон кучланганлигининг катта эканини билдиради.

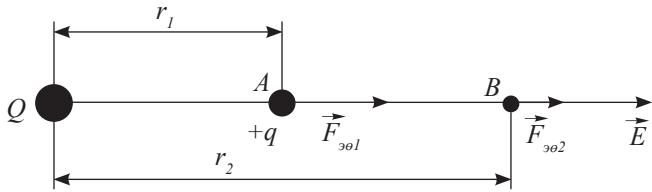
**Электр майдонининг куч чизиқлари – ҳар бир нуқтадаги уринмалари шу нуқтадаги кучланганлик векторининг йўналиши билан мос келадиган чизиқлар.**

Куч чизиқларининг тасвирланиши:

- Фазонинг ҳар қандай нуқтасида кучланганлик бир нечта йўналишига эга бўлмаслигидан, электр майдонининг куч чизиқлари кесишишмаслигини кўрсатади;
- электр майдонининг чизиқлари мусбат заряддан чиқиб, манғий зарядга киришини кўрсатади.

## VI Бир жинсли бўлмаган электр майдонда заряднинг кўчишида бажариладиган иш. Нуқтавий заряд майдонидаги жисмнинг потенциал энергияси

$q$  заряди Кулон кучлари таъсиридан  $Q$  мусбат зарядни юзага келтирган майдоннинг куч чизиқлари бўйича  $A$  нуқтасидан  $B$  нуқтасига кўчди дейлик (141-расм).



**141-расм.**  $Q$  заряди юзага келтирган майдонда  $q$  зарядининг кўчиши вақтидаги электр майдонинг иши

Заряднинг кўчирадиган куч зарядлар орасидаги масофага боғлиқ ва ўзгарувчан катталик бўлади. Шунинг учун бир жинсли бўлмаган электр майдонининг иши манфий ишора билан олинган зарядланган жисмнинг потенциал энергиясининг ўзгариши орқали аниқлаймиз:

$$A = -(W_{p2} - W_{p1}). \quad (10)$$

Бир жинсли бўлмаган гравитацион майдон билан ўхшашлигини хисобга олиб, қўзгалмайдиган  $Q$  заряднинг электр майдонидаги  $q$  заряднинг потенциал энергиясини ёзамиш:

$$W_p = \frac{kQq}{\varepsilon \cdot r}$$

шу вақтда заряднинг кўчиши вақтида электр майдонининг бажарган иши (10) қуидаги турга келади:

$$A = F_{opm}(r_2 - r_1) = \frac{kqQ}{\varepsilon \cdot r_1} - \frac{kqQ}{\varepsilon \cdot r_2} \quad (11)$$

## VII Бир жинсли электр майдонининг потенциали. Потенциалнинг кучланганлик билан боғлиқлиги

*Майдон потенциали* заряднинг потенциал энергиясининг шу заряд катталигига нисбатига тенг:

$$\varphi = \frac{W_p}{q}. \quad (12)$$

У мусбат ёки манфий қийматга эга бўлади.

*Потенциаллар айримаси орқали майдонда заряднинг кўчиши вақтида бажара-диган ишини аниқлаши мумкин, унинг физик маъноси бор.*

Бир жинсли электр майдони учун нуқтанинг потенциали:

$$\varphi = \frac{qEd}{q} = Ed. \quad (13)$$

(11) ва (12) формулаларни умумлаштириб, сизга 8-синфдан маълум бўлган майдоннинг иши билан потенциаллар айримасининг орасидаги боғлиқлик формуласини оламиз:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (14)$$

бундаги  $\varphi_1 = Ed_1$ ,  $\varphi_2 = Ed_2$  – электростатик майдонда заряднинг жойлашишининг бошланғич ва сўнгиги нуқталари.



**Жавоби қандай?**

Бир жинсли майдоннинг бир жинсли бўлмаган майдондан фарқи нимада?

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Зарядлари  $q_1 = 6,6 \cdot 10^{-9}$  Кл ва  $q_2 = 1,32 \cdot 10^{-8}$  Кл икки нүқтавий заряднинг орасидаги масофа  $r_1 = 40$  см. Уларни  $r_2 = 25$  см масофагача яқинлаштириш учун қандай иш бажарыш керак?

Берилган	ХБС	Ечиш
$q_1 = 6,6 \cdot 10^{-9}$ Кл		Ташқи кучларнинг иши ва электр майдонининг иши ишоралари бўйича қарама-қарши, демак, уларни яқинлаштириш учун бажариладиган иш бунга тенг
$q_2 = 1,32 \cdot 10^{-8}$ Кл		$A = q_1(\varphi_2 - \varphi_1)$ ,
$r_1 = 40$ см	0,4 м	бундаги $\varphi_1 = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_1}$ , $\varphi_2 = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_2}$ .
$r_2 = 25$ см	0,25 м	$A = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0} \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \approx 1,3 \cdot 10^{-6}$ Дж.
$A - ?$		<b>Жавоби:</b> $A \approx 1,3 \cdot 10^{-6}$ Дж.

### Назорат саволлари

- Заряднинг сақланиш қонуни билан Кулон қонунини таърифланг.
- Қандай зарядни нүқтавий заряд деб аталади?
- Электр майдони деганимиз нима?
- Электр майдонининг кучланганлиги деб нимага айтилади? Уни қандай аниқлаймиз? У қандай йўналган?
- Бир жинсли майдон деб нимага айтилади? Бир жинсли бўлмаган майдон нима?
- Майдоннинг потенциали деганимиз нима?
- Майдоннинг потенциали билан кучланганлигининг орасида қандай боғлиқлик бор?



Машқ

18

- Бир-биридан 5 см масофада жойлашган 10 нКл ва 15 нКл нүқтавий зарядлар қандай куч билан ўзаро таъсирашади?
- Бири мусбат 15 мКл заряд билан, иккинчиси манфий -25 мКл зарядлар билан зарядланган икки бирдай шарларни яқинлаштириб, яна қайтадан 10 см масофага узоқлаштирилади. Яқинлашгандан кейинги ҳар бир шарнинг зарядини ва уларнинг ўзаро таъсирашши кучини аниқланг.
- Электрон кучланганлиги 10 В/м майдонда қандай тезланиш билан ҳаракатланади?
- Қиймати 0,1 мКл заряддан 5 см масофадаги майдон кучланганлигини аниқланг.

## 20§. Электр сиғими. Конденсаторлар. Заряд миқдори билан сиғимнинг бирликлари

### Кутиладиган натижа

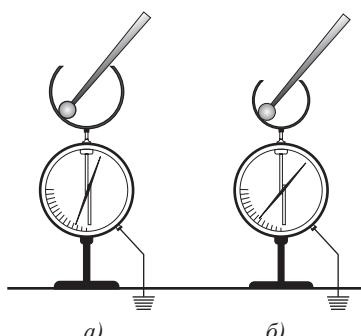
Бу параграфни ўзлаштирғандан:

- Оддий электр занжиридаги конденсаторнинг ролини тушунтира оласиз.



### Жавоби қандай?

- Электр зарядини қалай олишга бўлади? Уни қандай сақлаймиз?
- Сиз заряд сақлайдиган «идишини» қандай материалдан ясаган бўлардингиз: ўтказгичларданми ёки дизелектрикданми?



142-расм. Радиуси катта сферанинг электр сиғими кўпроқ



### Эсингизга туширинг!

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



### Жавоби қандай?

Нега ўтказгич шарнинг сиғими сферанинг сиғими каби аниқланади:  
 $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r$ ?

### I Изоляцияланган ўтказгичнинг электр сиғими

Синов зарядни сферанинг ички юзига бир неча марта теккизиб,  $q$  зарядини сферага берамиз. Ҳар бир теккизишдан кейин электрометр стрелкаси ўзгармас бир қийматга оғади (142 а) расм). Демак, шар потенциали билан зарядининг орасида тўғри пропорционал боғлиқлик бор:

$$q = C\varphi,$$

бундаги  $C$  – пропорционаллик коэффициенти. Майдон потенциали ўтказгичнинг ўлчамларига боғлиқми? Шунни аниқлайлик. Бунинг учун тажрибани радиуси кичик сфера билан такрорлаймиз. Берилган заряднинг худди шундай қийматида электрометрнинг стрелкаси улкан бурчакка оғади (142 б) расм). Демак, радиуси кичик сферанинг потенциали юқори  $\varphi_2 > \varphi_1$ . Тажриба кўрсатгандай,  $C$  коэффициенти ўтказгич сфераларнинг тавсифи бўлади, уни электр сиғими деб аталади.

**Изоляцияланган ўтказгичнинг электр сиғими – ўтказгич зарядининг унинг потенциалига нисбатига тенг физик каталик.**

$$C = \frac{q}{\varphi}. \quad (1)$$

(1) формулага ўтказгич сфера потенциалини ҳисоблаш формуласи  $\varphi = \frac{kq}{\epsilon \cdot r}$  қўямиз, натижада

$$C = \frac{\epsilon \cdot r}{k} \quad (2)$$

ёки

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r. \quad (3)$$

Изоляцияланган сферанинг радиуси қанча катта бўлса, унинг электр сиғими ҳам шунча катта бўлади. Олинган хulosалар шарга ҳам тегишли, сабаби ўтказгичнинг ичидаги бўш зарядлар бўлмаганликдан, электр майдони ҳам йўқ.

Электр сиғимининг ўлчов бирлиги сифатида **фараф** қабулланган. У М.Фарадейнинг хурматига қўйилган.

Фарад – заряд 1 қулонга ўзгарған вақтда потенциали 1 вольтга ортадиган ўтказгич сиғими.

$$[C] = 1\Phi = \frac{1Kl}{1B}.$$

Тажрибада сиғимнинг ўлчов бирлиги тенглик күшімчалари билан құлланилади:

$$1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \Phi, 1 \text{ нФ} = 10^{-12} \Phi.$$

## II Конденсатор

Бармоқларимизни зарядланган сферага яқинлаштирасқ (142-расм), электрометрнинг күрсаткичи камаяди, демак, сферанинг потенциали камаяди. (1) формула асосида ўтказгич қавати бор сферанинг сиғими ортади деб айтишга бўлади. Уларнинг орасидаги масофа камайган сайн сиғими ортиб кетади. *Диэлектрик билан бўлинган икки ўтказгич сфера сферик конденсатор бўлади.*

Диэлектрик билан бўлинган икки яssi параллел пластинадан турадиган яssi конденсатор кенг қўлланылади. Конденсаторларнинг пластиналарини қопламалар деб аталади.

**Конденсатор – электр майдонининг энергиясини ва зарядни тўплаш мўлжалланган асбоб. Яssi конденсатор қалинлиги қопламаларнинг ўлчамлари билан солиштирганда жуда кичик диэлектрик билан бўлинган икки пластинадан иборат.**

Пластиналар орасидаги бир жинсли майдоннинг кучланганлиги:

$$E = \frac{q}{\varepsilon \varepsilon_0 S}.$$

Конденсатор пластиналарининг орасидаги потенциаллар айирмаси ёки қопламаларининг бирини иккинчисига муносабатидан потенциали бунга тенг:

$$\Delta\varphi = Ed = \frac{qd}{\varepsilon \varepsilon_0 S}. \quad (4)$$

(4) тенгламадан (1) тенгламага қўйиб, яssi конденсаторнинг сиғимини оламиш:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}. \quad (5)$$

(5) формуладан конденсаторнинг сиғимини ортириш учун қопламаларининг юзини ортириб, уларнинг орасидаги масофани камайтириб, диэлектрикни киритиш керак эканини биламиш.

## III Электр майдонининг энергияси

Зарядланган конденсаторда уни зарядлаш вақтида бажарилган ишга тенг потенциал энергиянинг манбаи бўлади. Зарядлаш пайтида бажарилган ишни

### Бу қизиқ!

Сиғими 1 Ф шарнинг радиуси 9 млн км га тенг

$$r = Ck = 1\Phi \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{H \cdot m^2}{Kl^2} = 9 \cdot 10^9 m.$$

Бундай шарнинг радиуси Ернинг радиусидан 1400 марта ортиқ:

$$\frac{r}{R_{\text{ж}}} = \frac{9 \cdot 10^9 m}{6,4 \cdot 10^6 m} \approx 1400.$$

Атмосферасиз бизнинг пла нетамизнинг электр сиғими 0,71 мФ

$$C_{\text{ж}} = \frac{6,4 \cdot 10^6 m}{9 \cdot 10^9 \frac{H \cdot m^2}{Kl^2}} = 0,71 \cdot 10^{-3} \Phi = 0,71 \text{ мФ}$$

### Бу қизиқ!

Бизнинг планетамиз – ионосфера сиртқи сфераси, ҳаво эса диэлектрик бўладиган сферик конденсатор.

пластиналарни ноль масофадан  $d$  масофагача кўчиришга кетган иш каби аниқлашга бўлади. Икки пластина орасидаги майдон кучланганлигининг ярмини  $E_1 = \frac{E}{2}$  қисми  $q$  заряди бор пластиналарни бошқа кучланганлиги  $E_1$  иккинчи пластина майдонидаги ҳаракатланишини кўрайлик. Пластиналарни кўчишида бажариладиган куч:

$$F = qE_1 = \frac{qE}{2}, \text{ бажарилган иш:}$$

$$A = Fd = \frac{qEd}{2}.$$

$U = Ed$  эканини билиб,  $A = \frac{qU}{2}$  оламиз. Демак, конденсатор қопламалари орасида пайдо бўлган майдоннинг энергияси:

$$W = \frac{qU}{2}. \quad (6)$$

Заряднинг ва кучланганликнинг боғлиқлик формуласини  $q = CU$  фойдаланиб, майдон энергиясини қуидагича ёзишга бўлади:

$$W = \frac{CU^2}{2} \quad (7)$$

ёки

$$W = \frac{q^2}{2C}. \quad (8)$$

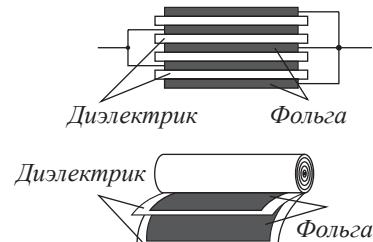
(7) формула конденсатор ток манбаига қўшилиб, қопламаларидаги кучланиш ўзгармайдиган пайтда қўлланилади. (8) формулани конденсатор ток манбайдан ажратилиб, унинг заряд қиймати бўйича ўзгармас бўлиб қоладиган пайтда қўлланган осон.

#### IV Конденсаторларнинг турлари

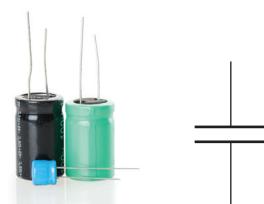
Конденсаторларнинг сифимлари ўзгармас ва ўзгарувчан турлари бўлади. Ўзгармас сифимли конденсаторлар бир-биридан диэлектрик билан изоляцияланган икки ёки бир неча пластиналардан иборат (143-расм). Пластиналар сифатида металл фольга, диэлектрик сифатида эса қофоз, слюда, лак қўлланилади. Қўлланилиш материалларига боғлиқ ҳолда конденсаторлари қофозли, слюдали, электролитик (144-расм) деб бўлинади. Ўзгарувчан сифимли конденсаторлари ўқ билан боғланган пластиналарнинг икки гурухидан туради (145-расм). Ўқ айланган вақтда пластиналарнинг оралиқ масофалари ва улар қоплаган юза ўзгаради. Бундай тузилишнинг ёрдами билан конденсаторнинг сифимини текис ўзgartиришга бўлади.

**8-жадвал.** Конденсаторларда қўлланиладиган материалларнинг диэлектрик сингдиручанлиги

Модда	$\epsilon$
Хаво	1,0005
Қофоз	2,5-тан 3,5-гача
Шиша	3-тан 10-гача
Слюдя	5-тан 7-гача
Металларнинг оксид тузлари	6-дан 20-гача



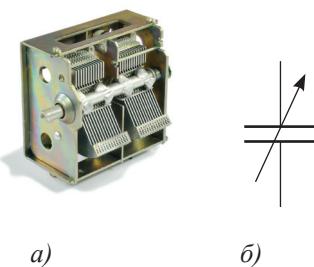
143-расм. Яssi конденсатор



144-расм. а) Металл-қофозли ва алюминийли электролитик конденсатор;  
б) Конденсаторни схемада белгиланиши

Қозогистонда конденсаторларни ва конденсаторли қурилмаларни ўрнатиш ва ишлаб чиқариш билан Ўскемен конденсатор заводи шуғулланади. Заводда чиқарилган қурилмалар машина ясаш, металлургия, энергетика, нефть-газ, озиқ овқат саноатида көнг құлланилади. Ҳозирги вақтда әнг керакли конденсатор турларига (154 а), б) расм)

- махсус конденсаторлар (импульсли, юқори вольтли);
- косинусли конденсаторлар (юқори вольтли, паст вольтли);
- күчланиш бүлгічлар ва алоқа конденсаторлари;
- электротермик конденсаторлар киради.



a)

б)

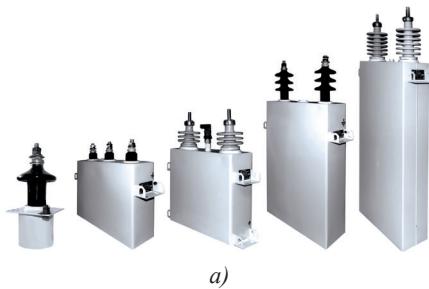
145-расм. а) Ўзгарувчан сиғимли конденсатори;

б) Конденсаторни схемадаги белгиси



### Жағоби қандай?

Неге күпинча сферик конденсаторлар эмас, ясси конденсаторлар көнг құлланилади?



a)



б)

146-расм. Ўскемен конденсатор заводида ясалған а) юқори вольтли импульсли конденсаторлар; б) паст вольтли косинусли конденсатор КПС-0,44-2,5

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Ясси ҳаво конденсаторининг энергияси:  $W_1 = 2 \cdot 10^{-7}$  Дж.

- 1) конденсатор ток манбаидан ажратилған;
- 2) конденсатор ток манбаига қўшилған холларда унинг диэлектрик сингдирув-чанлиги  $\epsilon = 2$  диэлектрик билан тўлдирилгандаги энергияни аниқланг.

### Берилған:

$$W_1 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$$

$$\epsilon = 2$$

$$1) q = \text{const}$$

$$2) U = \text{const}$$

$$q = \text{const} \text{ бўлганда } W_2 - ?$$

$$U = \text{const} \text{ бўлганда } W_2 - ?$$

### Ечиш:

Диэлектрик билан тўлдирилгандан кейин конденсаторнинг сиғими 2 марта ортади:

$$C_2 = 2C_1.$$

Биринчи ҳолда конденсатор ток манбаидан ажратилған, демак, унинг заряди ўзгармайди, унда конденсаторнинг энергиясини бу формула билан аниқлаймиз:

$$W_2 = \frac{q^2}{2C_2} = \frac{q^2}{2 \cdot 2C_1} = \frac{W_1}{2}.$$

Конденсаторнинг энергияси 2 марта камаяди:  $W_2 = 10^{-7}$  Дж.

Иккинчи холда конденсатор ток манбаига қўшилган, конденсатор қопламалари-даги кучланиш ўзгармас катталик бўлади. Конденсаторнинг энергияси:

$$W_2 = \frac{C_2 U^2}{2} = \frac{2C_1 U^2}{2} = 2W_1 .$$

Конденсаторнинг энергияси 2 марта ортди  $W_2 = 4 \cdot 10^{-7}$  Дж.

**Жавоби:**  $q = \text{const}$  бўлганда,  $W_2 = 10^{-7}$  Дж.

$U = \text{const}$  бўлганда,  $W_2 = 4 \cdot 10^{-7}$  Дж.

### Назорат саволлари

1. Электр сиғими деб нимага айтилади? У қандай ўлчанади?
2. Зарядни тўплаш учун қандай қурилмадан қўлланилади? Бу нимадан иборат?
3. Конденсаторларнинг қандай турларини биласиз?
4. Электр майдонининг энергияси қандай аниқланади?



### Машқ

19

1. Икки пластинадан иборат конденсаторнинг электр сиғими 5 пФ. Агар қопламаларининг потенциаллар айрмаси 1000 В бўлса, унинг ҳар бир қопламасида қандай заряд миқдори бор?
2. Пластиналарининг ўлчамлари  $25 \times 25$  см ва орасидаги масофа 0,5 мм ясси конденсатор потенциаллар айрмаси 10 В-гача зарядланиб, ток манбайдан ажратилади. Агар конденсатор пластиналарини 5 мм масофадан узоқлаштирасак, унинг потенциаллар айрмаси қандай бўлади?
3. Сиғими 20 мкФ конденсаторга 5 мкКл заряд берилди. Зарядланган конденсаторнинг энергияси қандай?
4. Кучланиши 1000 В ўзгармас ток манбаига қўшилган конденсаторнинг электр сиғими  $C_1 = 5$  пФ. Унинг қопламаларининг оралиги 3 марта камайтирилди. Конденсатор қопламаларидағи зарядни ва электр майдонининг энергияси аниқланг.

### Ижодий топшириқлар

Қўйидаги мавзулар бўйича ахборот тайёрланг (ҳоҳишига кўра):

1. Ўскемен конденсатор заводининг қурилиш тарихи.
2. Конденсаторларни ишлаб чиқариш технологияси ва экологик проблемалар.

## 10-бобнинг хуносаси

Қонунлар	Электр майдонининг тавсифлари	
	Кучланганлик	Потенциал
<p>Заряднинг сақланиш қонуни:  <math>q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = const.</math>  <math>q = N e </math>.</p> <p>Кулон қонуни:  <math>F_K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{ q_1  q_2 }{r^2}</math>;  <math>F_K = \frac{k q_1  q_2 }{\epsilon r^2}</math>.</p>	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ . Нуқтавий заряд майдонини кучланганлиги: $E = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}$ ; $E = \frac{kq}{\epsilon r^2}$ . Хар хил ишорали пластиналар орасидаги майдон кучланганлиги: $E = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0 S}$ ; $E = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0}$ .	$\varphi = \frac{W_p}{q}$ . Нуқтавий заряд майдонининг потенциали: $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}$ ; $\varphi = \frac{kq}{\epsilon r}$ . Бир жинсли майдоннинг потенциали: $\varphi = Ed$ .
<b>Майдондаги заряднинг потенциал энергияси, заряднинг күчиши вақтида бажариладиган иш</b>		<b>Майдоннинг потенциали ва иши</b>
<b>Бир жинсли майдонда</b>	<b>Бир жинсли бўлмаган майдонда</b>	
$W_p = qEd$ . $A = -(qEd_2 - qEd_1)$ .	$W_p = \frac{kQq}{r}$ . $A = \frac{kQq}{r_1} - \frac{kQq}{r_2}$ .	$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$ . $U = \varphi_1 - \varphi_2$ . $A = qU$ .
<b>Ўтказгичларнинг сигимлари</b>	<b>Мұхитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги</b>	<b>Конденсаторнинг электр майдони энергияси</b>
<p>Изоляцияланган ўтказгичнинг сигими:  <math>C = \frac{q}{\phi}</math>.</p> <p>Изоляцияланган шарнинг сигими:  <math>C = 4\pi\epsilon_0 r</math>.</p> <p>Ясси конденсаторнинг сигими:  <math>C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}</math>.</p>	$\epsilon = \frac{F_0}{F}$ . $\epsilon = \frac{E_0}{E}$ .	$W = \frac{qU}{2}$ . $W = \frac{CU^2}{2}$ . $W = \frac{q^2}{2C}$ .

### Қонунлар

#### Заряднинг сақланиш қонуни

Хар қандай ёпиқ системада электр заядларининг алгебраик йиғиндиси шу системадаги ҳар қандай процесслар вақтида ўзгаришсиз қолади.

#### Кулон қонуни

Икки нуқтавий заряднинг ўзаро таъсирлашиш кучи зарядларни бирлаштирувчи тўғри чизик бўйича йўналган зарядларнинг кўпайтмасига тўғри пропорционал ва улар орасидаги масофанинг квадратига тескари пропорционал.

## **Глоссарий**

**Диэлектриклар** – таркибида эркин зарядланган зарралари бўлмаган моддалар.

**Конденсатор** – электр майдонининг энергиясини ва зарядни тўплашга мўлжалланган қурилма. Ясси конденсатор қалинлиги қопламаларнинг ўлчамлари билан солиштирганда жуда кичик диэлектрик билан бўлинган икки платинадан иборат.

**Кулон** – ток кучи 1 А бўлганда ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали 1 с ичидаган электр заряди.

**Электр майдонининг кучланганлиги** – фазонинг маълум бир нуқтасида жойлашган мусбат синов зарядга майдони омонидан таъсир этадиган кучнинг шу заряднинг катталигининг нисбатига тенг бўлган физик катталик.

**Майдоннинг потенциали** – майдоннинг энергетик тавсифи. У майдоннинг маълум бир нуқтасидаги мусбат заряднинг потенциал энергиясини тавсифлайди.

**Электр майдонининг куч чизиклари** – ҳар бир нуқтадаги векторлари шу нуқтадаги кучланганлик вектори билан тўғри келадиган чизиклар.

**Нуқтавий зарядлар** – ўлчамлари уларнинг орасидаги масофадан анча кичик зарядланган жисмлар.

**Фарад** – заряд 1 қулонга ўзгарган вақтда потенциали 1 вольтга ортадиган ўтказгичнинг сиғими.

**Электр заряди** – зарядланган жисмларнинг бошқа жисмлар билан ўзаро таъсиралиши қобилиятини аниқлайдиган физик катталик.

**Электродинамика** – электромагнит майдондаги ва унинг электр заряди бўлган жисмлар билан таъсиралишини текширадиган физиканинг бўлими.

**Электр майдони** – зарядланган жисмлар ўзаро таъсирашадиган материянинг тури.

**Электростатика** – кўзғалмайдиган зарядлар орасидаги ўзаро таъсиrlарни текширадиган электродинамиканинг бўлими.

11-БОБ

## ҮЗГАРМАС ТОК

Биринчи бўлиб зарядланган зарраларнинг ҳаракатини Италия олим-биологи Луиджи Гальвани пайқади. У ҳар турли металл пластина билан алоқа қилгандা, ўлган бақа оёқларининг импульсли қисқаришини сезди. Гальвани текширишларини Александр Вольта давом эттиради. У тажриба вақтида турли металл пластиналарни туз, кислота ва ишқор эритмаларига солгандা, уларнинг орасида ток пайдо бўлишини исботлади. Зарядланган зарраларнинг ҳаракати кўплаб физик-олимларнинг эътиборини тортди. Турли мұхитларда ҳаракатланадиган зарядланган зарраларга тааллукли қонулар асосида эксперимент турда очилди. Олимларнинг текшириув натижалари саноат тармоқлари билан турмушда кенг қўлланилади. Ҳозирги оламни электр токидан фойдаланадиган турли қурилма ва асбобларсиз тасаввур қилиш мумкин эмас.

### Бўлимни ўқиб-ўрганиш орқали сиз:

- электр юритувчи куч ва ички қаршилик тушунчаларини тушунтиришни;
- электр юритувчи куч ва ташқи занжирдаги кучланиш тушиши (энергия нуқтаи назаридан) орасидаги фарқни аниқлашни;
- тўлиқ занжир учун Ом қонунини қўлланилишини ва қисқа туташувнинг оқибатларини тушунтиришни;
- турмушда асбобларнинг қувватини ва ишини ҳисоблашни ўрганасиз

## 21§. Электр юритувчи күч ва ток манбайнинг ички қаршилиги. Кучланиш, потенциаллар айрмаси

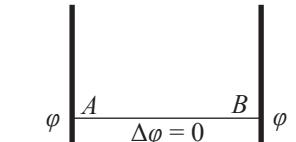
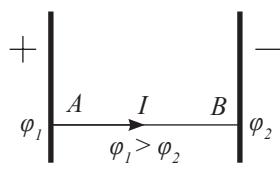
### Кутиладиган натижага

Бу параграфни ўзлаштиргандай:

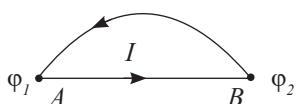
- электр юритучи күч ва ички қаршилик тушунчаларини тушунтира оласиз;
- электр юритувчи күч билан ташқи занжирдағы кучланиш тушиши орасидаги фарқни тушунтира оласиз.

### Жавоби қандай?

1. Сизге қандай ўзгармас ток манбалари маълум?
2. Нега ўзгармас токни ўзгарувлан токка айлантиришига талаб ортмоқда?
3. Уларни қандай атайди?



147-расм. Конденсатор қолпамалари орасида қисқа муддатлы ток

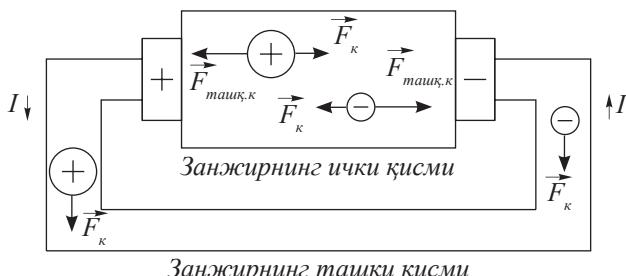


148-расм. Электр занжирининг ишилни принципи

### I Ўзгармас электр токининг пайдо бўлиш шартлари

Зарядланган конденсатор пластиналарини  $AB$  ўтказгич билан улайлик, ўтказгичда электр токи пайдо бўлади. Конденсатор разрядлангандан кейин, ўтказгичнинг учларида потенциал айрмаси нолга тенг бўлади, ток тўхтайди (147-расм). Занжирдаги токни ушлаб туриш учун зарядларни бошқа ўтказгич билан қарши кўчириб, ёпиқ система қилиб, унинг учларида потенциаллар айрмасини юзага келтириш керак (148-расм). Зарядни  $B$  нуқтадан  $A$  нуқтасига кўчириш электр эмас бошқа ташки кучлар ёрдамидагина мумкин бўлади, сабаби  $B$  нуқтанинг потенциали  $A$  нуқтадаги потенциалдан кичик.

149-расмда электр занжирининг принципиал схемаси кўрсатилган. Ток манбайнинг ичидаги зарядларни кутбларига кўчириши вактида ишни ташки кучлар бажаради. Кулон кучлари ишининг қиймати манфий. Мусбат зарядлар ток манбайнинг мусбат кутбидан манфий кутбига, манфий зарядлар манфий кутбдан мусбат кутбига кўчади.



149-расм. Электр занжирининг принципиал схемаси

Шундай қилиб, ўзгармас ток олиши учун керакли шарт – ток манба билан ёпиқ ўтказгич занжира бўлиши. Занжир таркибига ток манбаи, истеъмолчи, уловчи симлар, калит ва ўлчов асбоблари киради.

### II Электр энергияси манбайнинг электр юритувчи кучи, ток манбайнинг ички қаршилиги

Электр занжирда энергиянинг ўзаро алмашинуви иккى марта амалга ошади. Ток манбайдаги турли энергия турлари электр энергияига айланади. Ташки занжирда электр энергияси энергиянинг бошқа турларига механик энергияга ёки иссиқлик

энергиясига айланади. Энергиянинг сақланиш қонунига мувофиқ ташқи кучларнинг иши занжирнинг ички ва ташқи қисмларидағи Кулон кучларининг ишига тенг:

$$A_{\text{ташк.к}} = A_r + A_R.$$

Тенгламанинг икки томонини ёпиқ контур бүйича күчирилган заряга бўлиб, қуидаги ифодани оламиз:

$$\frac{A_{\text{ташк.к}}}{q} = \frac{A_r}{q} + \frac{A_R}{q}$$

ёки:

$$\mathcal{E} = U_r + U_R,$$

бундаги  $\mathcal{E}$  – электр юритувчи куч,  $U_r$  – занжирнинг ички қисмидаги кучланиш тушиши,  $U_R$  – занжирнинг ташқи қисмидаги кучланиш тушиши.

**Электр юритувчи куч – бирлик зарядни күчиришда ташқи кучларнинг бажарган ишига тенг бўлган физик катталиқ.**

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ташк.к}}}{q}.$$

$\mathcal{E}$  (ЭЮК) ўлчов бирлиги – вольт,  $[\mathcal{E}] = 1 \text{ В.}$

ЭЮК – ток манбаининг энергетик тавсифи. Барча ток манбаларида  $r$  ички қаршилиқ бўлади.

### III ЭЮК ва турли иш режимида ток мабайнинг кучланиши

1. *Салт юриши тартиби (режими)* Ток манбаининг ЭЮК-ни салт юриш тартибida ташқи ёпиқ бўлмаган занжирда унга тўғридан-тўғри вольтметрни улаш орқали ўлчанади (150-расм). Очик занжирда ток бўлмайди, демак занжирнинг ташқи қисмida кучланиш тушиши ҳам йўқ, ички қисмida эса жуда оз:

$$U_R = 0, U_r = 0.$$

Вольтметр қаршилиги чексиз катта, уни ток манбасига қўшиш ток манбай қутбларининг потенциаллар айирмасига иш юзасидан таъсир этмайди. Вольтметрдаги кучланиш ЭЮК-га тенг:

$$\varphi_A - \varphi_B = \mathcal{E}.$$

2. *Иш режими. Иш режимида ёпиқ қалитда AB нуқталари орасидаги потенциаллар айирмаси:*

$$\varphi_A - \varphi_B = \mathcal{E} - U_r$$

ёки

$$\varphi_A - \varphi_B = U_R.$$

### Жавоби қандай?

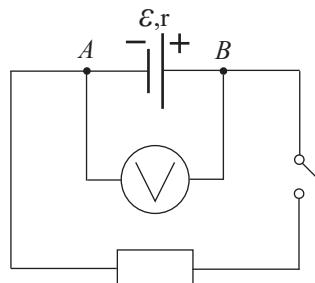
Нега  $A$  ва  $B$  нуқталарининг (148-расм) потенциаллар айирмаси ўз ҳолига келтириши учун ташқи кучларнинг иши керак бўлади?

### Жавоби қандай?

- Нега ток манбаидаги зарядларни тақсимланиши вақтида бажариладиган иши кулон кучлари ҳисобидан бажариши мумкин эмас?
- Нега ток манбаидаги ташқи кучларларнинг иши занжирнинг ташқи ва ички қисмларидағи кулон кучларини ишининг ийгиндисига тенг?

### Эсада сақланг!

Агар ток кучининг қиймати билан йўналиши ўзгармаса, ток ўзгармас бўлади.



**150-расм. Ток манбаининг ЭЮКни ўлчаш**

### Жавоби қандай?

Нега ток манбаига вольтметрни улаганда ички қаршилигидағи кучланиш жуда оз бўлади?

Вольтметр занжирнинг ташқи қисмидаги кучланишининг тушишини кўрсатади. Занжирнинг ички қисмидаги кучланишнинг тушиши электр кучининг манфий иши таъсиридан бўлади.

- Кисқа туташув режими.* Агар юклама қаршилиги жуда оз бўлса, унда ток манбай қисқа туташув режимида иш бажаради. Занжирнинг ички қисмидаги ЭЮК га тенг бўлади:

$$U_r = \mathcal{E}.$$

Ток кучи ток манбаида бирданига ошиб, максимал кийматга етади:

$$I_{max} = \frac{\mathcal{E}}{r}.$$

Қисқа туташув ва салт юриш режимлари ток манбанинг чегаравий иш режимлари деб аталади.

#### IV Электр токи. Ток кучи

Ташқи электр майдонининг таъсиридан ўтказгичдаги эркин зарядларнинг тартибли ҳаракати электр токини юзага келтиради.

Ўтказгичдаги электр токини тавсифлаш учун ток кучи деб аталадиган физик катталик киритилган.

**Ток кучи – бирлик вақт ичидаги ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали ўтадиган заряд микдорига тенг катталик:**

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

#### V Ўзгармас токдан ўзгарувчан ток олиш

Альтернатив ток манбалари – қуёш батареялари ва шамол генераторлари ўзгармас токни юзага келтиради. Ҳосил бўлган энергия аккумулятор батареяларига тўпланади. Ўзгарувчан ток занжирида иш бажаришга мўлжалланган электр асбобларини кўшиш учун ўзгармас токни ўзгарувчан токка айлантирадиган ўзгартиргичлар – инвертор керак (151-расм). Автомобиль аккумуляторидан кучланиши 220 В ўзгарувчан ток олишга мумкинлик берадиган инверторлар кўп талабга эга. «Солнечный свет» МЧБ кун батареясининг энергиясини ўзгартирадиган инверторлар ишлаб чиқармоқда.



#### Ўз тажрибангиз

- 150-расмда кўрсатилганда занжир тузинг. Калитнинг очиқ ва ёпиқ холларида вольтметрнинг кўрсаткичларини ёзиб олинг. Нега калит ёпиқ вақтда вольтметрнинг кўрсаткичи камаяди?
- Занжирга кетма-кет резистор ва реостатни кўшинг, жилгичнинг ўрнини ўзгартириб, занжирнинг ташқи ва ички қисмидаги кучланиш бўлинишини текширинг. Олинган натижа бўйича хulosacha ишларни чиқаринг.



#### Эсингизга туширинг!

Электр токи – электр зарядларнинг йўналтирилган ҳаракати.  
Ўлчов бирлиги

$$1 A = 1 \frac{C}{s}$$



**151-расм. Инвертор –**  
кучланиши ўзгартиргич  
12 2204000 Вт. Маҳаллий  
маҳсулот, Алмати иш.



#### 1-топшириқ

Ток кучининг ўлчов бирликларини кўплек ва кичик кўшимчалар орқали ёзинг.

## Назорат саволлари

1. Электр токи юзага келадиган шартларни күрсатинг.
2. Қандай кучлар ток манбаида зарядларни бўлиш ишларини бажаради?
3. Ток манбанинг ЭЮК-ни қандай ўлчанади?
4. Ток манбаи занжир қисмидаги кучланишнинг камайишига қандай таъсир этади?
5. Занжирнинг ички ва ташки қисмларидаги кучланишнинг тақсимланиши уларнинг қаршиликларига қандай боғлиқ?

## ★ Машқ

20

1. Чўнтак фонари лампасининг қиздириш толаси орқали  $t = 2$  мин ичидаги  $q_1 = 20$  Кл заряд ўтади. Қиздириш толаси орқали  $q_2 = 60$  Кл заряд ўтадиган вақтни ва ток кучини аниқланг.
2. ЭЮК 12 В ва ички қаршилиги 0,2 Ом аккумулятор учун қисқа туташув вақтида ток кучини аниқланг.

## Экспериментал топшириқ

Мис симни, металл қоғоз қистиргич (скрепка) ва мультиметрдан фойдаланиб, аталган мева ва сабзавотлардан қайси бири гальвани элементи сифатида ишлай олишини аниқланг: банан, картошка, алмурт, помидори, бодринг, пиёз, олма. Меваларнинг қайсиси электродлар орасида катта кучланишнинг юзага келишига таъсир эта олади?

## Ижодий топшириқ

Маҳаллий ўзгармас ток манбалари нархини текширинг: ток манбаларининг турлари ва шу маҳсулотни чиқарадиган фирмаларни аниқланг. Текширишлар натижаси бўйича ҳисобот тайёрланг.

## 22§. Тұлық занжир учун Ом қонуни

### Күтіладын нәтижа

Бу параграфни ўзлаштырғанда:

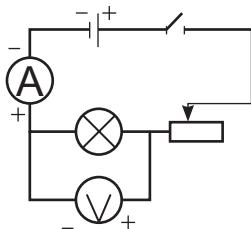
- Тұлық занжир учун Ом қонунини құлпай оласыз ва қисқа тұташувнинг нәтижасини тушунасиз.



### Үз тажрибанғыз

Бир-біри билан кетма-кет уланған үзгартылған ток манбаи, калит, чүнтак фонарининг лампочкасы, реостат ва амперметрдан иборат занжир йигінгі. Лампочкага вольтметрни құшынг (152-расм).

Реостатдаги жилгичнинг үрнини үзгартыриб, лампочканиң ёруғларынан ва үлчов асбобларнинг күсаткичини кузатынг. Кузатылған ҳодисаны занжир қисми учун Ом қонуни асосида түшүнтириңг.



152-расм. Эксперимент топширикça

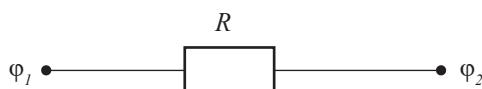
### I Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни

Фақатактив қаршиликдан иборат занжир қисми учун Ом қонуни 8-синфдан маълум (152-расм).

Ток күчи занжир қисмининг учларидаги потенциаллар айырмасыга тұғыры пропорционал ва қаршиликтекескари пропорционал:

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}. \quad (1)$$

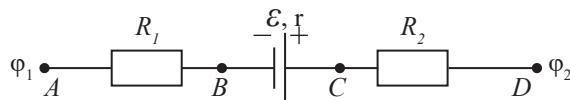
Ток занжир қисми билан потенциали юқори нүктадан потенциали паст нүктеге қараб оқади. Агар  $\varphi_1 > \varphi_2$  бўлса, 153-расмдаги ток чапдан ўнгга оқади.



153-расм. Занжирнинг актив қаршиликтан иборат қисми.

### II Ток манбаи бор занжир қисми учун Ом қонуни

Таркибида электр юритувчи кучи  $\mathcal{E}$  ва ички қаршилиги  $r$  ток манбаи бор занжир қисмини қарайлик (154-расм). Күрсатылған занжир қисмидә потенциалнинг камайиши қаршиликларида ва ток  $R_1$ ,  $R_2$  манбайнинг  $r$  ички қаршилигидә бўлса, потенциалнинг ўсиши ток манбайнинг күтбларида бўлади. Ўхаш ҳодисаны дарё устида платина солинган вақтда пайқаймиз: дарёнинг барча қисмларида сув сатхлари пасаяди, платинада кўтарилади.



154-расм. Таркибида ток манбаи бор занжир



### Жавоби қандай?

1. Оддий занжир нималардан иборат?
2. Ток манбаи бор занжир қисми қандай бўлади?
3. Қандай занжирни тұлық занжир деб аталаади?
4. Занжир қисми учун ва тұлық занжир учун Ом қонуниниң ўхашликлари билан фарқлари нимада? Венн диаграммасини түзинг.

Занжир қисманинг учларидаги потенциаллар айрмаси ҳар бир қисмдаги потенциалнинг камайиши билан ток манбаидаги потенциалларнинг ортишиниң йиғиндилигининг айрмасига тенг

$$\varphi_1 - \varphi_2 = (U_1 + U_r + U_2) - \varepsilon$$

еки

$$\varphi_1 - \varphi_2 = (IR_1 + Ir + IR_2) - \varepsilon. \quad (2)$$

олинган тенгламадан ток күчини ифодалаймиз:

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon}{(R_1 + R_2) + r}. \quad (3)$$

Умумий холда (3) ифодани қуидагида ёзиш мүмкін:

$$I = \frac{U + \varepsilon}{R + r}, \quad (4)$$

бундаги  $R$  – занжир қисманинг умумий қаршилиги,  $r$  – занжир қисмдаги ток манбайнинг ички қаршилиги,  $U = \varphi_1 - \varphi_2$  – занжир учларидаги потенциаллар айрмаси,  $\varepsilon$  – берилген қисмдаги ток манбайнинг ЭЮК.

Олинган формула ток манбай бор занжир қисми учун Ом қонунини ифодалаиди.

### III Тұлық занжир учун Ом қонуны

154-расмда күрсатылған занжир қисманинг учларини құшсак, ёпік занжир оламиз (155-расм).  $A$  ва  $D$  нүкталарининг потенциаллари тенг бўлади, унда (4) формула  $U = \varphi_1 - \varphi_2 = 0$  бўлади:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}. \quad (5)$$

Олинган ифода тўлиқ занжир учун Ом қонуни деб аталади.

**Занжирдаги ток кучи ток манбайнинг ЭЮК га тўғри пропорционал, ташқи ва ички қаршиликларнинг йиғиндисига тескари пропорционал.**

### IV Тұлық занжир учун Ом қонунининг натижалари

(5) ифодадан буни оламиз:

$$\varepsilon = IR + Ir$$

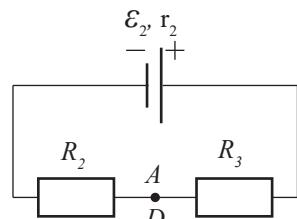
еки

$$\varepsilon = U_R + U_r. \quad (6)$$

ЭЮК зарядларнинг кўчиши вақтида ташқи кучларнинг бажарган иши бўлганидан (6) тенгламадан чиқадигани ташқи кучлар занжирнинг ички қисмida ҳам, ташки қисмida ҳамиша бажаради.

### Эсингизга туширинг!

Иккى нүктанинг потенциаллар айрмаси – шу иккى нүкта орасидаги занжир қисманинг күчланиши.



155-расм. Ёпік тўлиқ занжир

### Топшириқ

Тўлиқ занжир учун Ом қонунидан (5) ЭЮК, ташқи занжирнинг қаршилигини ва ток манбайнинг ички қаршилигини ҳисоблаш формулаларини чиқаринг.

### Эсингизга туширинг!

Бўлинмани топиш учун бўлинмани бўлувчига кўпайтирамиз.

Бўлувчи бўлинманинг бўлинишига нисбатига тенг.

Номаълум қўшилувчини топиш учун йиғиндидан маълум қўшилувчини айриш керак.

### Эсда сақланг!

$$1A = \frac{1B}{1\Omega}$$

Ички қаршиликнинг кичик қийматида  $r \rightarrow 0$  ток манбанинг барча энергияси занжирнинг ташки қисмида бажарилади  $\varepsilon = U$ . Ички қаршиликларининг кичик қийматларида ва юкланиш бўлмаган вақтда  $R = 0$  ёпиқ занжирдаги ток кучининг қиймати ортади, қисқа туташув бўлади. Занжирдаги ток кучи катта қийматларга эга бўлади:

$$I_{max} = \frac{\varepsilon}{r}, \quad (7)$$

бу ток манбанинг, уловчи симларнинг қаттиқ қизишига ва ўтказгич симларининг ёниб кетишига олиб келади.

### Жавоби қандай?

1. Занжир қисмига қўшилган ток манбаи ундағи ток кучига қандай таъсир этади?
2. Нега A ва D нуқталарини улаганда уларнинг потенциаллари тенг бўлади?
3. Қандай ҳолларда занжирда қисқа туташув бўлади?
4. Нега қисқа туташув ҳодисаси хавфли ҳисобланади?

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Плеерни қўшганда ток манбанинг қисқичларидағи кучланиш қиймати 2,8 В. Элемент батареяларининг ЭЮК 3 В, ички қаршилиги 1 Ом. Занжирдаги ток кучини аниqlанг.

**Берилган:**

$$U = 2,8 \text{ В}$$

$$\varepsilon = 3 \text{ В}$$

$$r = 1 \text{ Ом}$$

$$I = ?$$

**Ечиш:**

Плеернинг қаршилиги занжирнинг қисми ва тўлиқ занжир учун Ом қонунини қўллаб аниqlаймиз:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1),$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}. \quad (2)$$

(1) ва (2) тенгламаларнинг ўнг томонларини тенглаштириб, пропорцияси хоссасини қўллаб, қаршиликни ҳисоблаш формуласини чиқарамиз

$$\frac{U}{R} = \frac{\varepsilon}{R + r}. \quad (3)$$

$$UR + Ur = \varepsilon R,$$

$$R = \frac{Ur}{\varepsilon - U}. \quad (4)$$

(4) формулани (1)-га қўйиб, ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$I = \frac{\varepsilon - U}{r}.$$

Ток кучининг қийматини ҳисоблаймиз:

$$I = \frac{3B - 2,8B}{1\text{Om}} = 0,2A.$$

**Жавоби:**  $I = 0,2 A$ .

## Назорат саволлари

1. Оддий занжир қисми учун ва ток манбаи бор занжир учун Ом қонунини таърифланг.
2. Тұлиқ занжир учун Ом қонунини таърифланг.
3. Қандай токни қисқа туташув токи деб аталади?
4. Ток манбайининг ички қаршилигининг қиймати кичик занжирнинг қисқа туташувининг оқибати қандай?



**Машқ**

**21**

1. Батареяның 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.
2. ЭЮК  $\varepsilon = 1,1$  В ток манбаига қўшилган қаршилиги  $R = 2$  Ом ўтқагиҷдаги ток кучи  $I = 0,5$  А. Ток манбайининг қисқа туташув вақтидаги ток кучини топинг.
3. Ток манбаи бор ва қаршилиги  $R_1 = 4$  Ом, занжирдаги ток кучи  $I_1 = 0,2$  А. Агар ташқи қаршилик  $R_2 = 7$  Ом бўлса, унда занжирдаги ток кучи  $I_2 = 0,14$  А. Агар ток манбани қисқа туташтирасак, занжирдаги ток кучининг қиймати қанчага teng бўлади?
4. Ток кучи  $I_1 = 1,5$  А вақтида занжир қисмидаги күчланиш  $U_1 = 20$  В, ток кучи эса  $I_2 = 0,5$  А бўлганда, шу қисмдага күчланиш  $U_2 = 8$  В-га teng бўлди. Занжирнинг шу қисмida таъсир этадиган ЭЮК қанчага teng?

## Ижодий топшириқлар

1. Турмушдаги электр асбобларидан қўлланишда хавфсизлик техникасини сақлаш қоидаларини тузинг.
2. Бажарилган иш бўйича презентация тайёрланг.

## 23§. Электр токининг иши ва қуввати

### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- Турмушдаги асбобларнинг қувватини ва ишининг баҳосини практик турда ҳисоблай оласиз.

### I Занжирдаги ўзгармас токнинг иши

Токнинг иши зарядларнинг электр майдони кучларининг таъсиридан ўтказгич бўйича йўналган ҳаракатига асосланган.

**Токнинг иши – электр майдони кўчириган заряднинг берилган ўтказгич қисмидаги кучланиш кўпайтмасига тенг бўлган физик катталик.**

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU. \quad (1)$$

Қандайдир бир вакт оралиғида кўчирилган заряд микдори ток кучига боғлик:

$$q = It.$$

Шу нисбатдан фойдаланиб, (1) тенглиқдан қуийдаги ифодани оламиз:

$$A = UIt. \quad (2)$$

Занжир қисми учун Ом қонуни асосида (2) формулани қуидагича ёзиш мумкин:

$$A = I^2 R t \quad (3)$$

$$\text{ёки} \quad A = \frac{U^2}{R} t. \quad (4)$$

(3) ўтказгичларни кетма-кет улаган вақтда,

(4) ўтказгичларни параллел улаган вақтда ток ишини ҳисоблашга осон.

### II Ток ишини ўлчаш

Ток ишини уч ўлчов асбобни – вольтметр, амперметр ва соатдан фойдаланиб ўлчашга бўлади. Одатда ток ишини ўлчаш учун электр энергиясини ҳисобловчи асбоби (*156-расм*) кўлланилади, у ишнинг системадан ташқаридағи ўлчов бирлиги

1 кВт · соат билан ҳисоблашга асосланган.

Электр энергиясининг нархини тарифнинг маълум қиймати бўйича бу формула билан ҳисобланади:

$$Cm = T \cdot A,$$

бундаги  $Cm$  – электр энергиясининг нархи,  $T$  – тариф – 1 кВт · соат энергия нархи.



**156-расм.** Қозогистонда ясалган электр ҳисоблагач Ақтүбе ш.

### Эсда сақланг!

Ёпиқ электр занжирида энергиянинг айланиши икки марта амалга ошади. Ток манбаларида электр бўлмаган энергиялар электр энергиясига айланади. Ташқи занжирда электр энергияси қайтадан энергиянинг бошқа турларига айланади.

Қозогистоннинг ҳар бир вилоятида тариф ҳар хил, у электростанциянинг турига ва ундан маҳаллий жойдан узоқлигига боғлик. Электр энергиясини сақлаш мақсадида даражали тариф киритилган, масалан айрим худудларда 1 одамга 100 кВт · соат-дан ошган ҳолда тўлов 2-даражали тариф бўйича юргизилади.

### 9-кесте.

2018 йилги электр энергиясининг тарифи, ₸ кВт · соат			
Шаҳар	1-даражা	2-даражा	3-даража
Қўстаний	17,60	21,95	27,44
Алмати	16,65	21,99	27,48
Талдиқўргон	16,45	19,86	24,82
Кўкшетов	15,46	19,33	24,16
Тароз	14,41	17,94	22,43
Шимкент	14,49	18,88	23,61
Петропавл	12,09	16,30	20,37
Орал	10,46	13,23	16,53
Павлодар	10,69	13,72	17,15
Астана	9,61	15,59	19,49
Ақтўбе	9,79	12,42	15,52
Қарағанды	10,12	13,37	16,72
Ўскемен	10,19	13,97	17,46
Атиров	5,67	7,13	8,93
Ақтау	19,42	-	-

### III Токнинг қуввати

Ток қуввати – заряднинг қўчиши вақтидаги ишининг бажарилиш жадаллигини тавсифлайдиган физик катталик:

$$P = \frac{A}{t}. \quad (5)$$

(2), (3) ва (4) – формулаларни (5)-га қўйиб, ёпик занжирнинг ташқи қисмидаги ток қувватини ҳисоблайдиган формулани оламиз:

$$P = UI, P = \frac{U^2}{R}, P = PR. \quad (6)$$

Тўлиқ занжир учун электр токининг қуввати бунга тенг:

$$P = \frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2} \cdot R. \quad (7)$$

### 1-топшириқ

- Электр занжиридаги энергиянинг икки марта айланишига мисоллар келтиринг.
- Электр энергияси механик ва иссиқлик энергияга айланадиган турмушдаги ва ишлаб чиқариш асбобларини айтинг.

### Эсингизга туширинг!

Электр токи ишининг ўлчов бирлиги – Джоуль  
 $1 \text{ Дж} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с}$  Электр токи ишининг системадан бошқа ўлчов бирлигининг Джоуль билан боғлиқлиги:  
 $1 \text{ Вт} \cdot \text{с} = 1 \text{ Дж},$   
 $1 \text{ Вт} \cdot \text{соат} = 3600 \text{ Дж},$   
 $1 \text{ кВт} \cdot \text{соат} = 3600000 \text{ Дж} = 3,6 \text{ МДж}.$

### Эсингизга туширинг!

Қувватнинг ўлчов бирлиги – ватт  
 $[P] = 1 \text{ Вт} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ В}.$

### Эсда сақланг!

Юқори қувватли асбобларнинг қаршилиги кам бўлади.

Ток қувватини амперметр ва вольтметрнинг ёки ваттметрнинг ёрдамида аниқланади. «Медсервис» компаниясининг замонавий қуороли электр занжирини тавсифлайдиган олти ўлчовли – ток қучи, кучланишни, қувватни, қувват коэффицентини, тармоқдаги ток частотасини, йиллик қувватни ўлчашга имкон беради (157-расм).

#### IV Ток манбайнинг иши ва қуввати

Занжирдаги тўлиқ иши – ташқи кучларнинг иши, у қўйидагига тенг:

$$A_{\text{ташк.к}} = q\varepsilon$$

ёки

$$A_{\text{ташк.к}} = I\varepsilon t.$$

Тўлиқ занжир учун Ом қонуни  $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$  эсга олиб, қўйидаги ифодани оламиз:

$$A_{\text{ташк.к}} = \frac{\varepsilon^2}{R+r} \cdot t$$

ёки

$$A_{\text{ташк.к}} = I^2(R+r)t.$$

Занжирнинг тўлиқ қувватини манна шу формулалар бўйича аниқлашга бўлади:

$$P_{m\ddot{y}l} = \frac{A_{\text{ташк.к}}}{t},$$

$$P_{m\ddot{y}l} = I\varepsilon,$$

$$P_{m\ddot{y}l} = \frac{\varepsilon^2}{R+r},$$

$$P_{m\ddot{y}l} = I^2(R+r)t.$$

#### V Ток манбайнинг ФИК

Фойдали иши коэффициенти – фойдали ишининг тўлиқ ишига нисбати. Электр занжисири учун фойдали иши – электр майдонининг иши тўлиқ иши – ташқи кучларнинг иши, шунда қўйидаги нисбат бажарилади;

$$\eta = \frac{A}{A_{\text{ташк.к}}} = \frac{UIt}{\varepsilon It} = \frac{P}{P_{m\ddot{y}l}} = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{IR}{I(R+r)} = \frac{R}{R+r}.$$

Фойдали иши коэффициентини хисоблашни қўйида кўрсатилган формуналарнинг хоҳлагани билан бажаришга бўлади:

$$\eta = \frac{A}{A_{\text{ташк.к}}} \quad \eta = \frac{P}{P_{m\ddot{y}l}}, \quad \eta = \frac{U}{\varepsilon}, \quad \eta = \frac{R}{R+r}.$$



**157-расм.** Қозогистонда ясалган ваттметр, Алмати ш.

#### 2-топшириқ

Жадвалга қаранг. Сизнинг худудингизда электр энергиясига тўлов қандай тариф бўйича амалга ошишини аниқланг. Нега энергияни кўп сарфлаган сайин баҳоси ҳам ортади?

#### 3-топшириқ

Электр манбайнинг иши ва қувватини ҳисоблайдиган формулани ташқи кучларнинг ишининг ва қувватини ҳисоблайдиган формула билан солиштиринг. Формулаларнинг фарқи қандай?

#### Жавоби қандай?

- Нега ток манбайнинг ФИК 100%дан ортиқ бўлмайди?
- Нега электротехникада ток манбайнинг ички қаршилиги ташқи занжир билан солиштирганда камайтиришига ҳаракат қилинади?

## Назорат саволлари

1. Тұлиқ занжирда энергиянинг қандай айланишлари бўлади?
2. Электр токининг иши билан қуввати қандай аниқланади?
3. Токнинг иши ва қуввати қандай асбоблар билан ўлчанади?
4. Занжирдаги тұлиқ иш нимага тенг?
5. Электр энергиясининг нархини қандай аниқланади?
6. Электр занжирининг ФИК қандай аниқланади?



## Машқ

22

1. Агар күчланиш  $U=220$  В, ток кучи  $I=8$  А бўлса, ҳажми  $V=1$  л, бошданғич температураси  $t_1=20^{\circ}\text{C}$  сувни қанча вақт оралиғида қайнаш температура-сига етказишга бўлади?
2. Қуввати 1200 Вт электр печи орқали ўтадиган ток кучини аниқланг.
3. Сони 4 одамдан турадиган оила Қўстаний шаҳаридаги 700 кВт/соат электр энергиясини истеъмол қилган бўлса, улар қанча тўлайди? Уни худди шу шароитдаги Ақтўбеда турадиган оиласининг тўлови билан солиширинг.
4. Ички қаршилиги унга қўшилган электр асбобининг қаршилигидан 4 марта оз ток манбанинг фойдали иш коэффициентини аниқланг.

## Экспериментал топшириқлар

Уйларингиздаги ёритгичларнинг маркировкалари ва майший асбобларнинг паспорти бўйича оиласиз бир ой ичида истеъмол қиладиган электр энергиясини ҳисобланг. Ҳар бир асбоб ишининг энергия сарфини солиширинг. Баҳосини аниқлаб, сўнгги ойлардаги тўловлар билан таққосланг. Оиласиздаги электр энергиясининг сарфини қандай тежашга бўлишини таҳлил қилинг.

## Ижодий топшириқлар

Қўйидаги мавзулар бўйича маълумотнома тайёрланг (хоҳишига кўра):

1. Уйда ишлатиладиган электр асбоблари: эскидан янгига.
2. Майший электр асбобларидан фойдаланишда техника хавфсизлиги қоидаларини кўрсатинг.
3. Интернет тармоғи материалларини фойдаланиб, XXI асрда давлатимиздаги электр энергиясини истеъмол қилиш диаграммасини тузинг. Шу йиллардаги электр энергиясидан истеъмоли билан солиширинг.

## 11-бобнинг хуносаси

Электр занжиринитав-сифлайдиган катталиклар	Ом қонуни	Қисқа туташувда ток кучи
Ток кучи $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ , Кучланиш $U = \frac{A}{q}$ Электр юритувчи кучи $\varepsilon = \frac{A_{\text{ташк.к}}}{q}$	Занжирнинг қисми учун $I = \frac{U}{R}$ Тўлиқ занжир учун $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$	$I_{\max} = \frac{\varepsilon}{r}$ $R = 0$
Ташқи кучнинг ва ток кучининг иши	Ток қуввати	ФИК
Токнинг иши: $A = q(\phi_1 - \phi_2) = qU$ $A = UIt$ $A = I^2 R t$ $A = \frac{U^2}{R} t$ Ташқи кучларнинг иши: $A_{\text{ташк.к}} = q\varepsilon$ $A_{\text{ташк.к}} = IEt$	Токнинг қуввати: $P = \frac{A}{t}, P = UI.$ $P = \frac{U^2}{R}, P = I^2 R.$ $P = \frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2} \cdot R.$ Занжирнинг тўлиқ қуввати: $P_{\text{мъл}} = \frac{A_{\text{ташк.к}}}{t},$ $P_{\text{мъл}} = IE,$ $P_{\text{мъл}} = \frac{\varepsilon^2}{R+r},$ $P_{\text{тўл}} = I^2 (R+r).$	$\eta = \frac{A}{A_{\text{ташк.к}}},$ $\eta = \frac{P}{P_{\text{мъл}}},$ $\eta = \frac{U}{\varepsilon},$ $\eta = \frac{R}{R+r}.$

### Қоидалар, қонунлар

#### Занжир қисми учун Ом қонуни

Ток кучи занжир қисмининг учларидағи потенциаллар айримасига тўғри пропорционал ва қаршиликка тескари пропорционал.

#### Тўлиқ занжир учун Ом қонуни

Занжирдаги ток кучи ток манбайнинг ЭЮК га тўғри пропорционал, ташки ва ички қаршиликларининг йигиндинисига тескари пропорционал.

### Глоссарий

**Ток қуввати** – заряднинг кўчиши вақтидағи ишнинг бажарилиш жадаллигини тавсифлайдиган физик катталиқ.

**Ток кучи** – бирлик вактда ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали ўтадиган заряд миқдорига тенг катталиқ.

**Электр токи** – электр зарядларининг йўналиши ҳаракати.

**Электр юритувчи куч** – бирлик зарядни кўчиришда ташки кучларнинг бажарадиган ишига тенг бўлган физик катталиқ.

12-БОБ

## ТУРЛИ МУҲИТДА ЭЛЕКТР ТОКИ

**Бўлимни ўқиб-ўрганиш орқали сиз:**

- турли муҳитда электр токининг пайдо бўлиш принципларини со- лиштира оласиз;
- электролитларда токнинг пайдо бўлиш шартларини тажриба асо- сида аниқлай оласиз;
- ярим ўтказгичли асбобларининг қўлланишига мисоллар келтира оласиз;
- ўта ўтказувчанлик ҳодисасини ва унинг амалий қўлланилишини тавсифлай оласиз.

## 246. Металлардаги, ярим ўтказгичлардаги, электролитлардаги, газлар ва вакуумдаги электр токи

### Кутиладиган натика

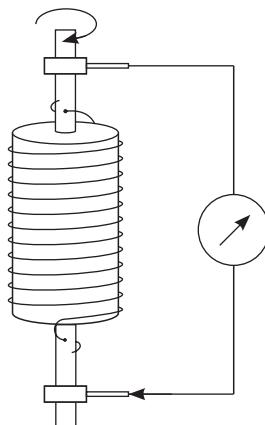
Бу параграфни ўзлаштиргандай:

- Түрли мұхитда электр токининг пайдо бўлиш принципларини солишиштира оласиз.



### Жавоби қандай?

- Нега электротехник асбобларни ясашда металлар қўлланилади?
- Чақмоқ деганимиз нима?
- Вакуумда ток бўладими? У нимани билдиради?



158-расм. Р.Толмен ва Т. Стюарт тажрибасининг схемаси

### Эсингизга туширинг!

Металларнинг кристалл панжарасининг хоссаси нимада?



### Жавоби қандай?

К.Рикке тажрибасида қандай зарралар заряд ташиган?

### I Металлардаги заряд ташувчиларни тажриба асосида аниқлаш

Металлардаги электронларнинг ҳаракатини Америка олимлари Р. Толмен ва Т. Стюартнинг тажрибалари исботланди. Улар 1913 йили Россия олимлари С.Л. Мандельштам ва Н.Д. Папалексининг олиб борган тажрибаларни тўлдириб, 1916 йили ток ташувчиларнинг солиштирма зарядини аниқлади. Тажриба учлари гальванометрга сирпанувчи контакт билан уланган айланадиган соленоидни кескин тормозлашга асосланган (158-расм). Соленоид тормозланган вақтда, гальванометр ток импульсини аниқлаб турди. Ўрам узунлиги 500 м ва чизиқли айланиш тезлиги 500 м/с бўлгандан, ток ташувчиларнинг солиштирма заряди:

$$\frac{q}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{Кл}{кг}$$
 эканини

юқори аниқликда ўлчаш мумкин бўлди, бу катталик электронларга тўғри келди.

### II Ярим ўтказгичлар.

### Ярим ўтказгичлардаги заряд ташувчилар. Хусусий ўтказувчанлик

Ярим ўтказгичлар – ўзларининг солиштирма ўтказувчанлиги билан ўтказгичлар ва диэлектриклар орасидаги оралиқ ўринга эга бўлган моддалар. Уларнинг ўтказгичлардан фарки – ярим ўтказгичлар солиштирма ўтказгичлиги аралашмаларнинг концентрациясига, температурага ва ҳар хил нурланиш турларининг таъсирига боғлиқ. Ярим ўтказгичлар-оддий турларига германий, селен, кремний киради.

Хона температурасида ярим ўтказгичдаги эркин электронлар сони кўп эмас. Ярим ўтказгичдаги электронлар ҳаракати уларнинг металлдаги ҳаракатига ўхшашиб электр майдони бўлмаган ҳолатда ҳаракат тартибсиз бўлади, ташки майдон бор бўлган ҳолатда тартибсиз ҳаракат билан қатор йўналган ҳаракат пайдо бўлади. Эркин электронларнинг ўтказувчанлигини электронли ўтказувчанлик ёки *n*-тиpli (negativ – манфий) ўтказувчанлик деп аталади.

Тартибли ҳаракатда эркин электронлардан бошқа боғланган электронлар ҳам бўлади. Германий

## 10-жадвал. Моддаларнинг солишишторма қаршилиги

Модда	Солишишторма қаршилиқ
Үтказгич	$10^{-7}$ Ом · м
Ярим	$10^{-5}$ Ом · м-дан
үтказгич	$10^8$ Ом · м-гача
Диэлектрик	$10^8$ Ом · м

атомлари орасидаги электронлар боғланишининг схемасини кўриб чиқайлик (159-расм). Расмда атомларнинг электронли боғланиши чизиқлар билан белгиланган. Германий атоми ядроининг атрофида ҳар бири қўшни атомларнинг электронлари билан жуфт боғланиш ҳосил қиласиган тўрт ташқи электрон бор. Агар электрон эркин бўлса, унда бу олдинги боғланиш зонасида электрон зарядига тенг мусбат заряднинг пайдо бўлишига олиб келади, уни кемтик деб аталади. Узилган боғланиш қўшни боғланиш чизигидан электрон алмашиши билан қайталаниш чизигида тешик пайдо бўлади. Электр майдони бўлган ҳолда кемтикларнинг ҳаракати йўналган ва электронларнинг ҳаракатига қарама-қарши йўналишда бўлади. Кемтикларнинг кўчиши асосида пайдо бўлган ўтказувчанлик *p*-тиpli (positive – мусбат) кемтикли ўтказувчанлик деб аталади. Шундай қилиб, ярим ўтказгичларда энергия ташувчилар эркин электронлар ва кемтиклар бўлади.

**Электронли – тешикли ўтказувчанлик деб тоза ярим ўтказгичларнинг хусусий ўтказувчанлигига айтилади.**

### ! Эътибор беринг!

Хусусий ўтказувчанлиқда эркин электронлар сони билан кемтиклар сони бирдек.

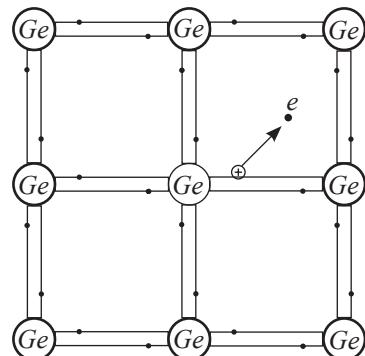
### III Ярим ўтказгичларнинг аралашмали ўтказувчанлиги

Ярим ўтказгичлар таркибида аралашманинг бўлиши унинг ўтказувчанлигига таъсир этади. Агар аралашма Менделеев жадвалининг V, VI ёки VII груп-пасига кирадиган бўлса, унда ярим ўтказгични эркин электронлар билан бойитади. Бундай аралашмаларни донор аралашма, ярим ўтказгичларни эса электрон ёки *n* типли деб аталади. Германий ва беш валентли мишъяқ атомларининг электронли боғланишини жадвалдан кўрайлик (160-расм). Мишъяқ атомининг тўрт электрони германий атоми электронлари билан боғланади, бешинчиси эса бўш қолади.

*n* – типли ярим ўтказгичлар электронли ўтказувчанликка эга. Электронларни ажрашиши атомлараро боғланишни узмайди. Кемтик пайдо бўлмайди, боғланган электронлар йўналган ҳаракат юзага

### ! Эътибор беринг!

Эркин электронларнинг концентрацияси  $10^{28} - 10^{29}$  м<sup>-3</sup>, атмосферадаги хаво молекуласи тахминан  $10^{25}$  м<sup>-3</sup>.



159-расм. Ярим ўтказгичлардаги энергия ташувчилар эркин электронлар ва кемтиклар.

### ? Жавоби қандай?

- Нега хона температурасида ярим ўтказгичларнинг ўтказувчанлиги кичик бўлади?
- Нега атроф-муҳитнинг температураси ва нурланиши ортганда ярим ўтказгичларнинг ўтказувчанлиги ортади?

келтирмайды. Паст температураларда ва заиф нурла-нишда аралашмали ўтказувчанлик хуссий ўтказувчанликтан ўнлаб, юз ва минглаб марта ортиқ бўлади.

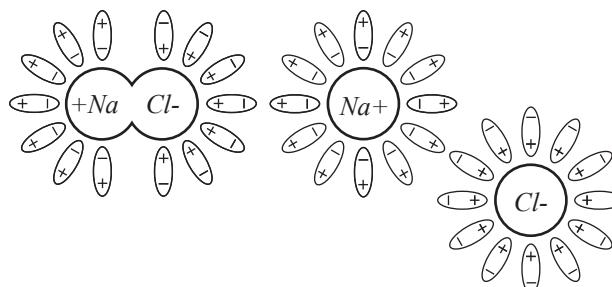
Кемтикли ўтказувчанлик Менделеев жадвалидаги I, II, III группадаги модда аралашмаларида устун бўлади. Бу группадаги элементларнинг валентли электронлар сони ярим ўтказгичларга қараганда оз бўлганидан, жуфт электронли боғланиш тузилганда кемтик пайдо бўлади. Бундай аралашмаларни *акцепторли*, ярим ўтказгичларни *кемтикли* ёки *p-тип* деб аталади. 161-расмда германий атомларининг ва уч валентли индий атомларининг боғланиш схемаси тасвириланган.

Аралашмали ўтказувчанлик – ярим ўтказгичлардаги акцептор ёки донор аралашманинг ўтказувчаниги.

#### IV Электролитдаги заряд ташувчилар

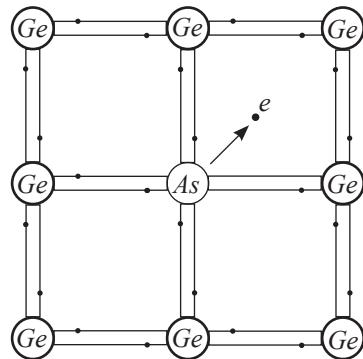
Электролит билан сув молекулалари тузилиши тарафидан қутбли бўлади. Кислоталар, ишқорлар ва тузларнинг молекулалари ионларининг боғланиши сув молекуласи атрофида заифлашади, молекулалар ионларга ажрайди, электролитик диссоциация юзага ошади (162-расм).

**Электролитик диссоциация – эритувчи таъсиридан молекулаларнинг ионларга ажралиши.**

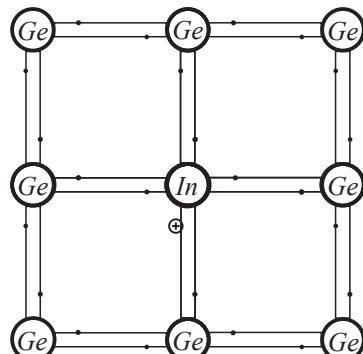


162-расм. Электролитик диссоциация

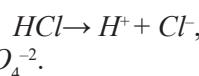
Электролитлардаги ионлар хаотик (тартибсиз) ҳаракатда бўлади. Анод ва катод орасида пайдо бўлган электр майдони таъсиридан электролитда ионларнинг эритувчилари ва эрувчи ўтказгич



160-расм. *n-тип* ярим ўтказгич



161-расм. *p-тип* ярим ўтказгич



#### Жавоби қандай?

Нега ярим ўтказгичлар *n-тип* ва *p-тип* ярим ўтказгич деб аталади?

#### Эсингизга туширинг!

Электролитлар – сувдаги эритувчилари ва эрувчи ўтказгич бўлдиган моддалар .

бўладиган моддалар йўналган ҳаракати, яъни электр токи пайдо бўлади (*163-расм*). Электролитлардаги электр токи – тезлиги жуда катта бўлмаган мусбат ва манфий ионларнинг йўналган ҳаракати. Водороднинг

энг тез иони  $100 \frac{B}{m}$  майлон кучланганлигига  $0,0325 \frac{mm}{c}$  тезлик билан ҳаракатланади.

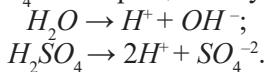
Эритмадаги диссоциация билан яна мусбат ионлар манфий ионлар билан тўқнашганда, тескари процесс – молекулани ҳосил қиласди, уни рекомбинация деб атамиз.

### Рекомбинация – ионларнинг нейтрал молекулага боғланиши процесси.

## V Электролиз

Электролитга боғлиқ электродларда турли процесслар амалга ошади:

- Сувнинг кислород ва водородга ажралиши. Электр токи сульфат кислотанинг сувли эритмаси орқали катодда газ тарзда водороднинг ва анодда кислороднинг бўлининини олиб келади. Диссоциация натижасида эритмада водород  $H^+$ , гидроксид  $OH^-$  ва сульфат  $SO_4^{2-}$  ионлари ҳосил бўлади (*172-расм*).



Катодга йўналган водород иони манфий ион олиб, нейтрал ҳолат тушиб, водород молекуласига айланади  
 $4H^+ + 4e = 2H\uparrow.$

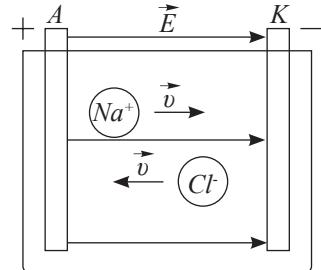
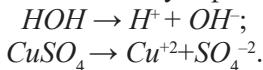
Гидроксид иони анодга ортиқ электрон беради-да, нейтрал ҳолга тушиб, кислород ва сув молекуласини ҳосил қиласди:



Электролит орқали ток ўтганда кислотани ўз холига келтириш реакцияси натижасида тоза модда ҳосил бўлади, бу процесни электролиз деб аталади.

### Электролиз – электролит орқали ток ўтганда электродларда модданинг ажралиб чиқиш ҳодисаси.

- Гальваностегия. Агар сувда мис купоросини  $CuSO_4$  эритсак, унда эритмада водород  $H^+$ , гидроксид  $OH^-$ , мис  $Cu^{+2}$  ва сульфат  $SO_4^{2-}$  ионлари ҳосил бўлади:



*163-расм.* Ташиқи майдон ҳаракати таъсиридан зарядланган зарраларнинг йўналган ҳаракати

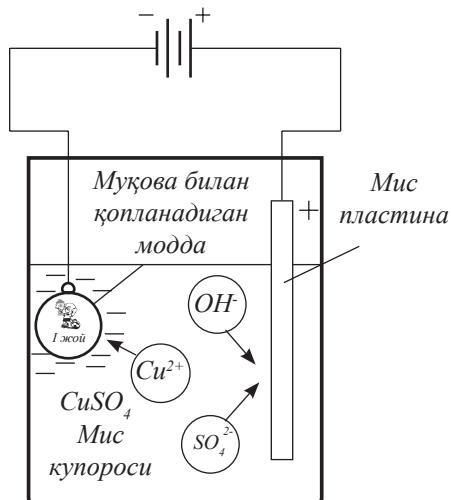
#### 1-топширик

Дафтарингизга ўювчи натрий  $NaOH$  диссоциацияси вақтида пайдо бўлган ионларни ёзиб, уларнинг валентлигини кўрсатинг.

#### Эсада сақланг!

Электролитларда заряд ташувчилар мусбат ва манфий ионлар бўлади.

Гидроксид ионлари анодда кислород ҳосил қиласы, катоддаги водород ионлари нейтрал водородга айланады, мис ионлари нейтраллашиб, катодда чүкади (164-расм). Катод тоза металл қатлами билан қопланады. Гальваностегия маҳсулотларда антикоррозиялы ёки декоратив қопламалар ясаш учун құлланилады (165-расм). 166-расмда маҳсулотни мис билан қоплаш учун құлланилады гальваник ванналар күрсатылған.



**164-расм.** Гальваностегия – самарали металл қатлами билан қоплаш



**165-расм.** Маҳаллий маҳсулот. Олтин билан безатылған ёдгорлик. «Олтин одам», Алмати ш.



## VI Электролиз қонунлари

**М. Фарадей** 1834 йили токнинг ўзгармас қийматида, бир вақтда катодда химиявий элементларнинг бирдай массалари бўлинишини пайқади. Фарадей модданинг электрохимиявий эквиваленти тушунчасини киритди:

$$k = \frac{m}{q} \quad (1)$$

**Электрохимиявий эквивалент – бирлик заряднинг электролит орқали ўтиш вақтида электродда моддаларнинг қандай массаси бўлинишини кўрсатадиган физик катталик.**

ХБС бўйича электрохимиявий эквивалентининг ўлчов бирлиги:

$$[k] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}.$$

Фарадей ўзининг очган янгиликларини қонунлар асосида таърифлади. Фарадейнинг биринчи қонуни:

**Электролиз вақтида бўлинган моддаларнинг массаси эритма орқали ўтган зарядга тўғри пропорционал.**

$$m = kq. \quad (2)$$

$q = It$  заряднинг ток кучи билан боғлиқ формуласини эсга олсак, Фарадейнинг биринчи қонуни кўйидаги кўринишга келади:

$$m = kIt. \quad (3)$$

Фарадейнинг иккинчи қонуни моддаларнинг электрохимиявий ва химиявий эквивалентларининг орасида боғланиши таъминлайди. Уни Фарадей тажриба давомида таърифлади:

$$k = \frac{M}{N_A |e| n} \quad (4)$$

(4) ифодасида  $\frac{M}{n}$  нисбат модданинг химиявий эквиваленти,  $M$  – моддани моляр массаси,  $n$  – ионнинг валенттлиги,  $N_A$  – Авогадро сони,  $|e|$  – элементар заряд.

Электрохимиявий ва химиявий эквивалентининг пропорционал коэфициенти тенг бўлади:

$$\frac{1}{N_A |e|} = \frac{1}{F},$$

бундаги  $F$  – Фарадейнинг доимиёси, у тенг бўлади:

$$F = 9,65 \cdot 10^4 \frac{\text{Кл}}{\text{молб}}.$$

Фарадейнинг иккинчи қонунининг математик формулалари кўйидагicha:

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n}. \quad (5)$$

## Моддаларнинг электрохимиявий эквивалентлари уларнинг химиявий эквивалентлариiga түғри пропорционал.

### VII Газлардаги заряд ташувчиilar

Нормаль шароиттада газ диэлектрик бўлади, у нейтрал молекулалар билан атомлардан ташкил топган.

Иссиқлик, ультрабинафша, рентген ёки радиоактив нурланиш таъсиридан ионланиш давомида газ ўтказгичга айланади. Газ молекулалари бир ёки бир неча электрон йўқотиб, мусбат ионларга айланади. Нейтрал газ молекулалари эркин электронлар билан бирикиб, манфий ионлар ҳосил бўлади. Газларда ионланиш билан бир қаторда рекомбинация процесси ҳам бирга юради, электронлар мусбат ионлар билан бирикканда, нейтрал молекулалар ҳосил бўлади.

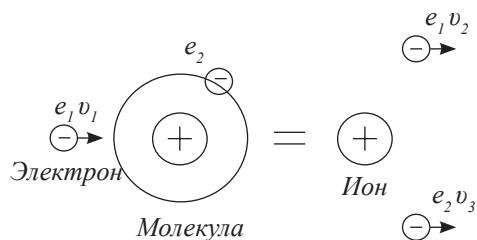
Иссиқлик ҳаракатидан бошқа ташки электр майдони бор бўлган ҳолда ионлашган газларда электр токи пайдо бўлади. Электронлар ва манфий ионлар электр майдонининг кучланганлик векторининг йўналишига қарама-қарши, мусбат ионлар кучланганлик вектори билан бир хил йўналишда ҳаракатланади.

### VIII Зарбдан ионланиш

Электр майдонининг  $10^3 \text{ В/м}$  ва  $10^5 \text{ В/м}$  оралигидаги юқори кучланганликда электронлар тўқнашиш пайтида нейтрал молекулани ионлаш учун етарли энергияга эга бўлади (167-расм)

$$E_i = \frac{mv^2}{2} = qE\lambda$$

бундаги  $E_i$  – ионизация энергияси,  $m$  – зарядланган зарранинг массаси,  $v$  – зарядланган зарранинг тезлиги,  $q$  – зарранинг заряди,  $E$  – майдонининг кучланганлиги,  $\lambda$  – эркин югуриш йўли узунлиги. Тўқнашув натижасида ҳосил бўлган ионлар билан электронлар майдон бўйлаб тарқалиб, ўз навбатида янги молекулаларни ионлайди. Зарядланган зарралар кўчки тарзда ортиб, ташки ионизатор бўлмаган ҳолатда газнинг ўзи ионлайди. Бундай процесс зарбдан ионланиши деб аталади (168-расм).



167-расм. Газ молекуласининг ионланиши



168-расм. Зарбдан ионланиши



#### Эсада сақланг!

Газлардаги заряд ташувчиilar – мусбат ва манфий ионлар, эркин электронлар.

**Зарбдан ионланиш – атомларнинг ёки молекулаларнинг тез электронлар билан тұқнашув натижасыда мусбат зарядланган ионларнинг ҳосил бўлиши.**

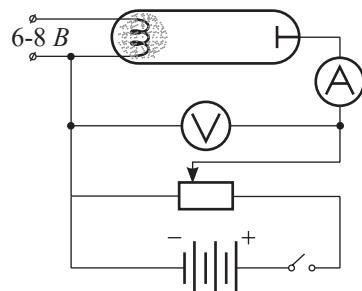
## IX Вакуумдаги заряд ташувчилар.

### Термоэлектрон эмиссия

Вакуум – ҳавосиз фазо, унинг ичидә заряд ташувчи зарралар йўқ. Вакуумда электр токини олиш учун унга зарядланган зарралар киритиш керак. Энг оддий усул *термоэлектрон эмиссия* бўлади.

**Термоэлектрон эмиссия – юқори температурагача қиздирилган металлдан эркин электронларнинг чиқиши ҳодисаси.**

Спираль шаклидаги вакуумли трубанинг электродларининг бирини кучланиши 6–8 В бўлган ток манбаига уланди (*169-расм*). Ток ўтган вақтда электрод юқори температурагача қиздирилади ва электронларни чиқаради, улар электрон булатини ҳосил қиласи. Электронлар чиқарилган пайтда катод мусбат зарядланади, атрофидаги электронларни ушлаб туради. Катод билан анод орасида электр майдони пайдо бўлганда электронлар анодга қараб ўтади.



*169-расм. Вакуум ичидаги токни текшириши занжирининг схемаси*

### 3-топшириқ

169-расмга қаранг. Занжир қандай асбоблардан тузилганини айтинг. Ток манбани тўғри ва тескари улаган вақтда қандай ўзгаришлар бажарилади? Лампа электродларида кучлашиши орттирганда амперметр кўрсаткичи қандай ўзгаради?

## Назорат саволлари

1. Металлардаги заряд ташувчилар қандай зарралар?
2. П.Друде – Х.Лоренцнинг электронли назариясининг асосий қоидаларини айтинг.
3. Ярим ўтказгичларга қандай моддалар киради?
4. Ярим ўтказгичларнинг хусусий ўтказувчанлиги деганимиз нима?
5. Қандай ўтказгичларни аралашмали деб аталади?
6. Қандай аралашмалар донорли деб аталади? Қандай турини акцепторли деб аталади?
7. Газларда заряд ташувчи зарралар қандай аталади?

8. Газ ионизаторларини айтинг.
9. Қандай ҳолатда газнинг ўзи ионлаши пайқалади?
10. Вакуумдаги заряд ташувчи зарраларни айтинг.
11. Термоэлектрон эмиссия деганимиз нима?



## Машқ

23

1. Турли мұхит учун солишириш жадвалини тузинг.

Мұхит	Заряд ташувчилар	Ток пайдо бўлишининг фарқи
Металлар		
Ярим ўтказгичлар		
Электролитлар		
Газлар		
Вакуум		

2. Электрон  $1,83 \cdot 10^6$  м/с тезлик билан бир жинсли электр майдони кучланганлигига қарама-қарши йўналишда учиб кирди. Агар ионлаш энергияси  $2,18 \cdot 10^{-18}$  Дж бўлса, водород атомини ионлаш учун электрон қандай потенциаллар айирмасида ўтиш керак?

## Ижодий топшириқлар

Маълумот тайёрланг (хоҳишига кўра)

1. Табиат билан техникадаги разряд турлари.
2. Плазма ва унинг хоссалари.
3. Ёритиш диодининг ишлаш принципи.
4. Электровакуумли асбоблар – диод, триод, электрон-нур трубкаси ва уларнинг қўлланиш чегараси.

## 25§. Ярим ўтказгичли асбоблар

### Күтиладиган натыжа

Бу параграфни үзлаштырганда:

- Ярим ўтказгичли асбобларларни күлланишига мисолар көлтира оласиз.

### I Термисторлар

Ярим ўтказгичлар қаршиликларининг температурага боғлиқлиги қаршилик термометри – термисторларни ясашда көнг күлланилади.

**Термистор деганимиз – қаршилиги температурага боғлиқ ярим ўтказгичли резистор.**

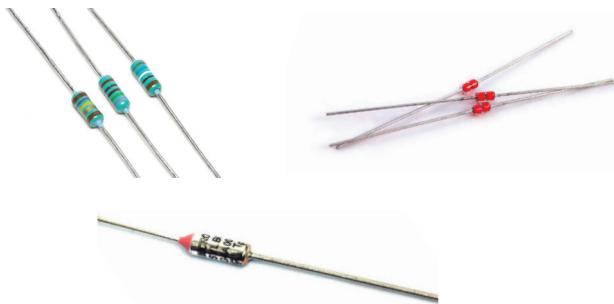


170-расм. Тармоқлы термистор

Термистор термометрнинг қабуллаш қисми бўлади. Ярим ўтказгич термометрларнинг афзалиги термистор ўзининг сезгирилгини сақлаб, миллиметрнинг ўндан бир қисми аниқликда ўлчашга эга бўлади (170-расм). Бу суюқлик термометрлари күлланилмайдиган кичик жисмларнинг температурасини ўлчашга имкон беради. Термисторнинг ёрдамида 1 – 1800 К диапазонида Кельвиннинг миллионлаб бир қисмida температура ўзаришини аниқлашга бўлади.

Термисторларнинг шакли трубка, стержень, диск, мунчоқ, шайба турида, ўлчами бир неча сантиметргача бўлади (171-расм).

Термисторлар техник қурилмаларда: ёнғинга қарши сигналларда, иситиш печлари ва қозонларида күлланилади. Автомобиль электроникасида антифризнинг, мойнинг, фойдаланилган газларнинг совуш даражасини, салон температурасини аниқлаш учун күлланилади. Электронли ишлаб чиқаришда диодлар ва лазерли фотоэлементларнинг, фалтакнинг мис ўрамининг температурасини барқарорлаштиришга, уяли телефонларнинг қизишини тартибга солиш учун күлланилади.



171-расм. Термисторлар

Термисторлар маиший техникаларда: музлатгичларда, фенда, совутгичларда, кондиционерларда көнг күлланилади.

### II Фоторезисторлар

Ярим ўтказгичларнинг ўтказувчанлигининг ёруғланишга боғлиқлигини фоторезисторларда көнг күллаш электр занжирини автоматик турда бошқаришга (172-расм)

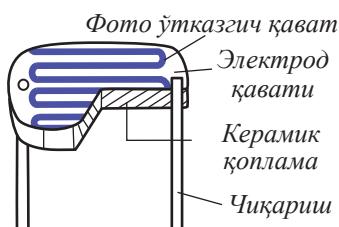
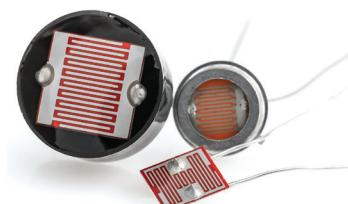


#### 1-топширик

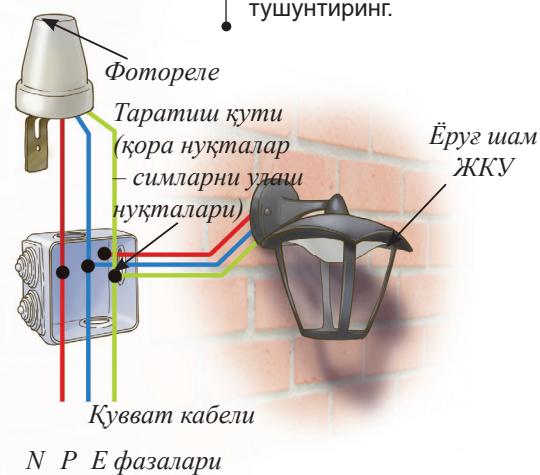
Термисторларнинг қўлланилишига мисол келтиринг.

мүмкінлик берди. 173-расм құчани ёритиши автоматик турда бошқаришга асосланған фоторезисторлары бор занжир күрсатилған.

**Фоторезистор деганимиз – қаршилиги ёруғланишга боғлиқ бўлган ярим үтказгичли резистор.**



172-расм.  
Фоторезистор



173-расм. Құчани ёритиши учун фоторезисторни (фотореле) занжирга қўшиши схемаси

Фоторезисторларни заиф ёруғлик сигналларини қайд қилиш учун фойдаланади. Фоторезисторларни ёруғлаشتырадиган ёруғлик оқимларининг кесишиши пайтида қаршиликларининг ўзгариш хосаси турли ҳисобловчи асбоблар, масалан, ҳаракатланадиган контейнерлардаги моддаларни автоматик турда санаш асбобларида, уларнинг ўлчамини назорат қилишда, турникетларда кўлланилади (174-расм).

Оддий фоторезисторлар билан қатор, таъсири одам кўзига кўринмайдиган инфрақизил нурланишга асосланған фоторезисторлар бўлади. Улар кўпинча маълум худудлар ва биноларларни кузатишининг автоматик системасида кўлланилади. Агар нурланиш йўлида қандайдир бир жисм пайдо бўлса, унда фоторезисторга ёруғлик тушмайди, бошқа система йўлига импульс тушиб, хавфсизлик сигнали кўшилади.



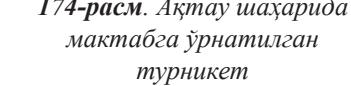
### Жавоби қандай?

Фоторезистор құчани ёритиши системасини қандай тартибга солади?



### 2-төпшириқ

173расмга қаранг. Занжирнинг ишлаш принципини тушунтиринг.



174-расм. Ақтая шаҳаридаги мактабга ўрнатилған турникет



### 3-төпшириқ

Электр симларини автоматик турда бошқариш учун фоторезисторни кўллаш турига мисоллар келтиринг.

### III Ярим ўтказгичли диод

Тегиши юзасида эркин электронлар ва кемтиклар-нинг диффузияси бажариладиган  $p$ -тип ва  $n$ -тип икки ярим ўтказгичнинг боғланишини кўрайлик. Диф-фузия натижасида  $n$ -тип ярим ўтказгичнинг чегаравий қатлами мусбат,  $p$ -тип ярим ўтказгичнинг чегаравий қатлами манфий зарядланади,  $p-n$  ўтиши (*175-расм*) ҳосил бўлади.  $p-n$  ўтишини ҳосил қилган  $\vec{E}_0$  майдони асосий заряд ташувчиларнинг ҳарака-тига қаршилик кўрсатади.

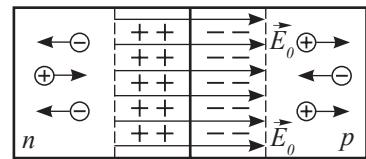
Пайдо бўлган чегаравий қатламни беркитувчи қатлам деб аталади. У бир томонлама ўтказувчанликка эга ва ярим ўтказгич диоднинг асосий қисми бўла-ди. Ярим ўтказгични ток манбаига кўшиб, мусбатли  $n$ -тип ярим ўтказгичга, манфий кутбни  $p$ -тип ярим ўтказгичга (*176-расм*) улаймиз. Ташқи майдоннинг кучланганлиги  $p-n$  ўтишининг кучланганлиги билан тўғри келади, беркитувчи қатлам ошадида, қаршилик ортади.

Ток манбаининг кутбларини алмаштирсақ, ташқи майдон кучланганлиги  $p-n$  ўтишда йўналади (*177-расм*). Беркитувчи қатламнинг қалинлиги озя-ди ёки тўлиқ йўқолиб кетади,  $p-n$  ўтишининг кучлан-ганлиги камаяди. Ярим ўтказгич орқали асосий ток ташувчиларнинг йўналган ҳаракатидан юзага келган ток ортади. Шундай қилиб, беркитувчи қатлам бир томонлама ўтказувчанликка эга, у ўзгарувчан токни тўғрилаш учун фойдаланилади.

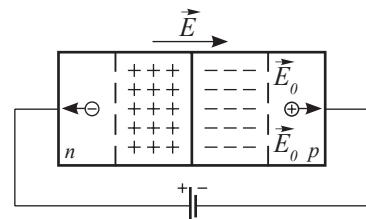
*p*-типли ва *n*-типли ярим ўтказгичларнинг нисба-ти диоднинг асосий қисми бўлади, *178-расмда* схема-даги ярим ўтказгичли диод тасвирланган.

### V Ёруғлик диодли лампа

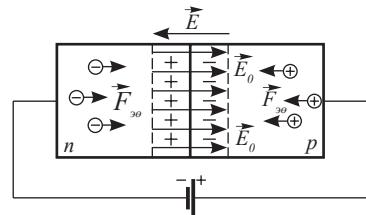
Ёруғлик диодли лампа бўйиндан (цоколь), тузилган ўзгармас ток истеъмолчи блогидан, жуда қувватли ёруғлик диоди ва сочувчиси бор маҳсус лойиҳаланган драйвердан иборат (*179-расм*). Ёруғлик диод – электр энергияси кўринадиган нурланишига айланадиган  $p-n$ -ўтиши. Шундай ёруғлик диодли лампанинг асосий қисми – ўлчами  $160 \times 550 \times 50$  мкм гача етадиган ярим ўтказгич чип бўлади. Кутича иссиқлик олиб кетишни орттирадиган алюминий корпус – радиаторнинг ичida жойлашган. Сочув-чида ўрнатилган люминофор лампанинг ёруғлани-шини орттиради. Лампаларга бериладиган кучланишининг 12 В ва 220 В оралиғида бир неча варианта берилган. Ёруғлик диодли лампаларнинг энергия сарфи оддий чўғланма лампаларга қараганда қараганда 5–10 марта самарали. Ёруғлик диодли



175-расм.  $p-n$  ўтиши



176-расм.  $p-n$  ўтишининг тескари қўшилиши



177-расм.  $p-n$  ўтишининг тўғри қўшилиши



178-расм. Диоднинг ташқи кўрининши ва схемада белгилниши

лампалар узок вақт ишлайди, 5 йил бўйи узлуксиз ишлай олади.

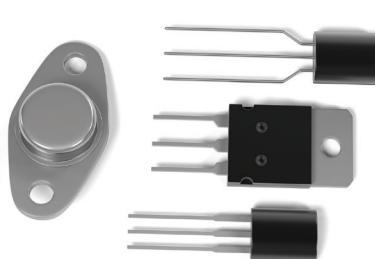
Ёруғлик диоднинг асосида кўплаган ёруғлик манбалари – прожекторлар, лампадар, чизиқли чироқлар, ёруғлик диодли чизиқлар, ёруғлик сигналли асбоблар ясалган. Ёруғлик диодни ўрнатганда ёргуланувчи тармокқа қўшилади, ўтказгич қисқа туташувдан кучланишнинг ортишидан химояланган. Курилмаларнинг истеъмол қуввати 200 Вт дан ошмайди, +40-дан – 60°C гача оралиқдаги температураларда қўлланилади. Ёруғлик диодли лампалар ёруғлик техникасида ёргулантириш лампаларни ишлаб чиқаришда тез ривожланиб келаётган ёруғлик манбаси сифатида маълум.



**179-расм.** Ёруғлик диодли лампа

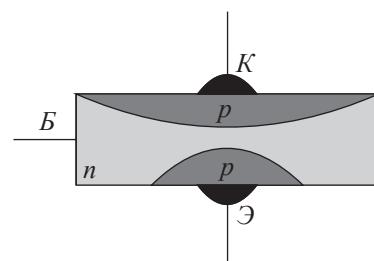
## VI Транзисторли кучайтиргич

Икки *p-n-p* бор ярим ўтказгичлар транзисторлар деб аталади (180-расм). Улар *p-n-p* ва *n-p-n* типли бўлиши мумкин. *p-n-p* транзисторларини ясаш учун *n*-тип ярим ўтказгичнинг қисмлари керак, уни Б база деб аталади. Қисмга *p*-тип ярим ўтказгичнинг икки бўлагини (181-расм), коллектор юзасини К эмиттер юзасига Э қараганда кўп бўлади. Икки ўтишни беркитувчи қатламларни ростлайдиган ўзгармас ток манбаига қўшилади (182-расм). «Эмиттер – база» ўтиш тўғри, агар «база – коллектор» ўтиш тескари бўлади. Асосий ташувчилар биринчи ўтишда эмиттер токини юзага келтиради. Базага ўтган кемтиклар иккинчи ўтиш учун асосий бўлмаган ташувчилар бўлади ва уни қаршиликсиз ўтади. Коллектор занжирида қаршилиги катта резисторни қўшганда юқори кучланиш сигналини олишга бўлади. Кучланишни кучайтириш учун транзистордан қўлланилади.

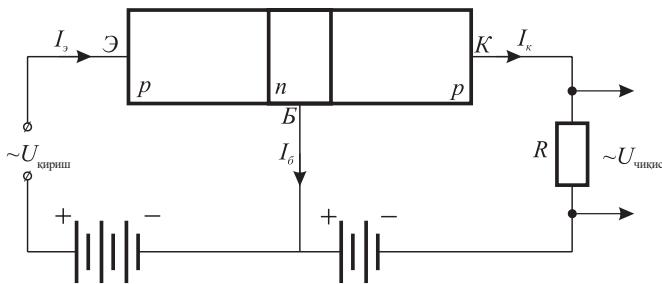


**180-расм.** Транзисторлар

- ?
- Жавоби қандай?**
1. Температура паст бўлганда ярим ўтказгичларда нега аралашмали ўтказувчанлик, агар юқори температурада хусусий ўтказувчанлик ортик бўлади?
  2. Температуранинг кўтарилиши диод ишига қандай таъсир этади?



**181-расм.** *p-n-p* типли транзистор



182-расм. Транзистор чиқишиларига ток манбайни улаш



### Эсда сақланг!

$I_k$  коллектор токи факат  $I_b$  эмиттер токига боғлиқ ва  $R$  коллектор занжирининг қаршилигига боғлиқ әмас:

$$I_k = I_b - I_\delta.$$

Транзистор кучайтирувчисининг чиқишидаги кучланиш резистор қаршилигига боғлиқ  $U_{\text{чикис}} = I_k R$

### Назорат саволлари

1. Термистор деганимиз нима ва уни қаерда құлланилади?
2. Фоторезисторнинг ишлаш принципи қандай?
3. Фоторезисторлар қаерда құлланилади?
4. Қандай асбоб бир томонлама үтказувчанликка әга? У қандай мақсадда құлланилади?
5. Транзисторнинг тузилиши қандай?
6. Транзисторлар қаерда құлланилади?



### Машқ

24

1. Қуввати паст кремний транзисторига уланган резисторнинг қаршилиги 5 кОм бўлса, унинг чиқишидаги кучланишни аниқланг (183-расм). Эмиттердаги ток кучи 1 мА, базадаги ток кучи 0,2 мА.
2. 1-топширик шартларини қўллаб, транзистор киришига кучланиши 0,8 В сигнал берилса, транзисторнинг кучланиши қанча ортганини аниқланг.



183-расм. Кремний-биполярли транзистор

### Ижодий топшириқлар

«Турмушда ва техникада қўлланиладиган ярим үтказгич асбоблари» мавзусида ppt-презентация ёрдамида маълумот тайёрланг.

## 26§. Ўта ўтказувчанлик

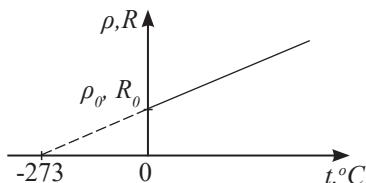
### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштирганданда:

- Ўта ўтказувчанлик ҳодисаси ва унинг тажриба юзасидан қўлланилишини тавсифлай оласиз.

### I Ўтказгич қаршилигининг температурага боғлиқлиги

Тажрибада солишиштирма қаршилик ва температура орасида тўғри боғлиқлик бор эканини аниқланди (184-расм):



184-расм. Металлнинг солишиштирма қаршилигининг температурага боғлиқлик графиги

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \Delta t),$$

бундаги  $\rho_0 = 0$  °C температурадаги ўтказгичнинг солишиштирма қаршилиги,  $\alpha$  – қаршиликтин температура коэффициенти,  $\Delta t = 0$  °C – температура ўзгариши.

### Жавоби қандай?

1. Нега кристалл панжараси зич металлар юқори солишиштирма қаршилика эга?
2. Ўтказгични қиздириши вақтида унинг қаршилиги ортишининг сабаби нимада?
3. Нега чўгланма лампалари занжирга кўшилган онда куйиб қолади?

**Қаршиликтин температура коэффициенти – 1 К-га қиздирилган ўтказгич қаршилигининг ўзгаришини кўрсатадиган физик катталик.**

ХБС бўйича қаршиликтин температура коэффициентининг ўлчов бирлиги:  $[\alpha] = 1 K^{-1}$ .

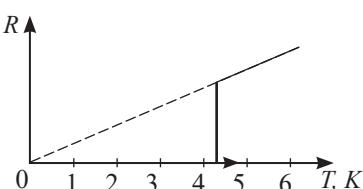
$R = \rho \frac{l}{S}$  бўлганидан, ўтказгич қаршилигининг температурага боғлиқлиги қуидагича бўлади:

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta t).$$

### II Ўта ўтказувчанлик ҳодисаси

Айрим металларда температура абсолют 0 кўрсаткичига яқинлашганда, уларнинг қаршилиги сакраб 0-гача тушади, масалан симоб учун бундай температура 4,2 K (185-расм). Электр қаршилиги нолга яқин ўтказгичнинг ҳолати ўта ўтказувчанлик деб аталади, ўта ўтказувчанлик ҳолатидаги моддалар ўта ўтказувчан ўтказгичлар деган номга эга бўлди. Ўта ўтказувчанлик ҳодисасини 1911 йили голланд олими **Хейке Камерлинг-Оннес** очди.

1957 йили Америка олимлари **Л.Купер, Дж. Бардин ва Дж. Шриффер** таърифлаган ўта ўтказувчанлик назариясида ўта ўтказувчан ўтказгичларда



185-расм. 4,2 K-дан паст температурада симоб ўта ўтказувчанликка айланади.

электронлар электр майдони таъсирида кристалл панжара орқали қаршиликсиз харакатлана оладиган «купер жуфтлари» бўлади, ток кучланиш берилиши тўхтатилган ҳолда хам йўқолмайди деб тахмин килган.

Олимлар ўта ўтказувчанлик ҳодисасини текшириб, ўта ўтказувчан ўтказгич юзадаги ток бўлишини аниқлади. 1986 йили юқори температурали ўта ўтказувчан ўтказгичлар олиниб, ланта ва барийнинг оксиди аралашмаси 100 К температурада ўта ўтказувчанликка айланиши маълум бўлди.



**Леон Нил Купер** – Америка физиги, физика соҳаси бўйича 1972 йили Нобель мукофотининг эгаси. Джон Бардин ва Джон Шриффермен бирга ўта ўтказувчанлик назариясини тузди, уни баъзан БКШ назарияси ҳам деб аталади.

?

### Жавоби қандай?

Нега металл ўтказгич қаршилигининг боғлиқлик графиги солиштирма қаршилигининг вақтга боғлиқлик графигидан фарқли?

### III Ўта ўтказувчанликдан фойдаланиш

Ўта ўтказувчанлик кесимлари кичик ўтказгичларда катта токлар олишга мумкинлик беради. Европалик ядро текширишлар марказининг (CERN) лабораториясида 20000 А юқори электр токини етказдиган ўта ўтказгичлар яратиши (186-расм).

Ўта ўтказгичлардан суюқ гелий билан совутадиган электромагнитлар ва қувватли электр генераторларнинг чулғамлари тайёрланди. Бундай ускуналарни доимий совутиб туриш уларни қўллашда қўйинчилик тутғидиради.

Катта токлар қувватли магнит майдонни юзага келтиради. УАС ўта ўтказгич магнитларидағи ток кучи тахминан 1200 А. Агар оддий магнитлар индукцияси 2 Тл ошмайдиган магнит майдонини олишга мумкинлик берса, УАС ўта ўтказгич магнитлари билан индукцияси 8,3 Тл магнит майдонини олишга бўлади. Ўта ўтказгичларни совутиш учун температураси 1,9 К ўта оқувчан ҳолатдаги суюқ гелийдан қўлланилади (187-расм).

Юқори температурали ўта ўтказувчанлик келажакда радиоэлектроника ва радиотехниканинг ривожланишига олиб келади.



186-расм. CERN лабораторияларида ясалган ўта ўтказгичли кабеллар



### Топшириқ

Интернет тармоғидан фойдаланиб, «Квантли левитация» сўзининг маъносини тушунтиринг.



**187-расм.** ЎАС криоген тизимининг суюқ гелий учун керак  
271,25°C температурани ушлаб турадиган қисм

Квантли левитация деб аталган ҳодисага олимлар қизиқмоқда. 2013 йили Тель-Авив университети ва Илмий-техник марказлар ассоциацияси (ASTC) ўта ўтказгичлар ва доимий магнитларнинг таъсирлашишини текширишга бир қатор ишлар олиб борди. Ўта ўтказгич сифатида шиша ёки толали қоплама итрий-барий-мис оксиди ( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ) олинди. Ўта ўтказгичнинг қалинлиги 1 мкм бўди. Температура  $-185^{\circ}\text{C}$  бўлганда уни суюқ азотга ботириш йўли билан ўта ўтказгичга айлантирилади. Ўта ўтказгичнинг ҳаракати ва доимий магнит билан таъсирлашиши натижасида ўта ўтказгичда индукцион ток ва унинг таъсиридан магнит майдони пайдо бўлади. Қопланган қатламнинг ҳар қандай фазога ҳаракатланиши ички магнит майдонида ўзгариш ҳосил қиласи, шунинг натижасида ўта ўтказгич фазодаги ўз ўрнини сақлаб қолади (188-расм).

Бир қатор мамлакатлар магнитли ёстиқчалардаги автомобиллар ясаш масаласини қайта кўришяпти.

2017 йили ёзда Пекинда узунлиги 10 км магнитли ёстиқчалардаги поезд йўли синовдан ўтказилди, у Хитой пойтахтининг ғарбий қисмида давом этмоқда.



**188-расм.** Ўта ўтказгичнинг  
доимий магнитдан ясалган  
рельслар билан таъсири.



## Бу қизиқ!

«Келажакка акс қайтиш» фильмининг иккинчи бўлимида кўрсатилган ховербордни ясашга кўп уринишлар бўлган. Идеяни амалга оширишга ҳақиқий ховерборд ясашга ваъда бериб, Lexus автомобилини ишлаб чиқарувчи ҳам иштирок этди. (189, 190-расм). Германия ва Буюк Британия инженерларининг икки группаси 1,5 йил бўйи меҳнат қилиб ясаган лойиҳанинг декаси (доскаси) бамбук, умумий шакли эса скейтбордларга келади. Ховербордда ўта ўтказгичлар ва суюқ азот билан совутиладиган доимий магнитлар қўлланилгани маълум.



**189-расм.** Магнитли левитация  
ҳодисасига асосланган ховерборд,  
2005 й.



**190-расм.** Ховербордни синаши учун  
Барселона тубидаги Кубельес скейт-паркидаги  
цемент остига юзлаб кичик  
магнитлар қўйилди.



## Эсингизга туширинг!

Поездларнинг магнитли уланишининг уч технологияси бор: ўта ўтказгичли магнитларда, электромагнитларда ва доимий магнитларда.

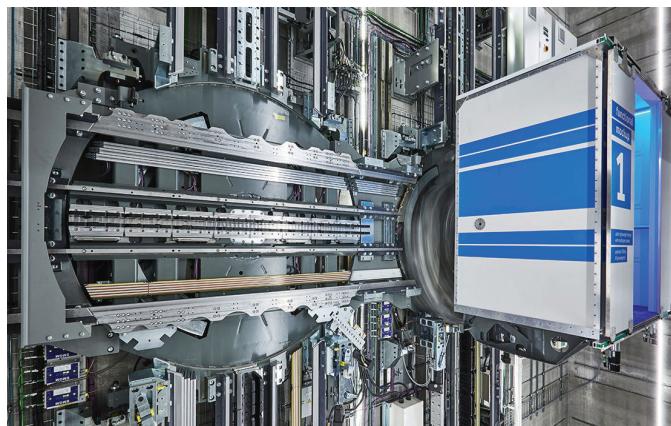
*Магнитли ёстиқчалардаги поездлар* XX асрнинг охирида Хитой, Япония, Жанубий Корея, Германия, Буюк Британия каби давлатларда ясалиб, синовдан ўтказилди. Трассанинг узунлиги Германияда 600 м бўлса, Хитойда 30 км-гача етди. Бундай йўлларни солиши қимматга тушганлиги, дунё бўйича фойдаланишдаги трасса фақат Хитойдагина, у «Пудун аэропорти – Лунъян Лу Шанхай метросининг станциясини» улади. Барча узелларда электромагнитлар қўлланилди (191-расм).



**191-расм.** Ўта ўтказгич магнитлардаги поездлар

«Маглев» деб аталадган магнитли ёстиқчалардаги поезд юрганда рельсларга тегмайды. Поезд магнитларнинг юкори температурали ўта ўтказгичлари билан таъсирлашиши натижасида кўтарилиди ва ҳаракатланади.

Thyssen Krupp немис инженерлик компанияси MULTI лифтни тавсия қилди. У магнитни ёстиқчадаги поездга ўхшаш, «маглев»-лифт бўлиб саналади. У юриши учун сим арқони эмас, балки шахта деворларидаги рельсларга ўрнатиладиган чизикили двигателлардан фойдаланилади. У факат вертикал эмас, балки горизонтал ҳам ҳаракатлана олади. Горизонтал ва вертикал рельсларнинг кесишишидаги диск айлана олади (192-расм). Янги лифт системаси кутиш вақтини камайтиришга, тўсикларни айланиб ўтишга ва биноларнинг турли «қанотларининг» орасида кўчишга имкон беради.



192-расм. MULTI лифтининг рельслари ва кабинанинг кесишишидаги айланма диск

Оддий лифтнинг кўтарилидаган максимал баланлиги чекланган, у 550 метрдан ошмаслиги керак. Темир сим арқон ўта оғир бўлиб кетадиган бўлганидан, бинони чекланган баландликдан ошадиган сўнгги қаватларига кўтарилиш учун лифтга чиқишига тўғри келади. MULTI архитекторларга кўк осмон ўпар биноларни ва шаклларни лойиҳалашга имкон беради.

Сўнгти ўн йилда Америка текширувчиларнинг юкори температурали ўта ўтказгичлар олимларнинг тадқиқот воситаси бўлиб қолди.

Бундан ташқари нормаль бўлмаган ўта ўтказгичлик эффекти темир оксиди билан мис оксидининг боғланишида пайкалди.

### Бу қизиқ!

Тель-Авив дунёдаги магнитли илгичдаги транспорт тизими бор шаҳарга айланнишни мақсад қилган. (193-расм). Бу тизимни Калифорниядаги Эймс номидаги НАСА текширув марказига асосланган SkyTran компанияси билан НАСА инженерлери ясади. Компания бу автомобиль билан автобусга алтернатив экологик тоза, арzon, тез, қулай деб айтди. Бу тизими керакли бекатга тўхтовсиз ва қаршиликсиз сирғанади. Кўпина муаммолар ҳал этилади.



193-расм. Магнитли илгичли транспорт



### Жавоби қандай?

Нега юкори температурали ўта ўтказгичлар олимларнинг тадқиқот воситаси бўлиб қолди?

Юқори температурали ўта ўтказгич чизикларини олиш энергия сақладыган электрониканинг янги турларини пайдо бўлишига олиб келади.

### Назорат саволлари:

1. Ўтказгичнинг қаршилиги температурага қандай боғлиқ?
2. Қаршиликнинг температура коэффициенти деганимиз нима?
3. Қандай ҳодиса ўта ўтказгич деган номга эга бўлди?
4. Ўта ўтказгич ҳодисаси қаерда қўлланилади?



### Машқ

25

1. Вольфрамдан ясалган симнинг қаршиликларининг  $t_0 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$  ва  $t_0 = 2400 \text{ } ^\circ\text{C}$  температуралардаги нисбатини аниqlанг.
2. Кучланишли алюминий симдан ясалган ҳалқани эриган музга солганда ток кучи  $I_1 = 29 \text{ mA}$ , қайнаган сувга солганда эса  $I_2 = 20 \text{ mA}$  бўлди. Алюминий қаршилигининг температура коэффициентини аниqlанг.

### Ижодий топшириқлар

Маълумот тайёрланг (хоҳишига кўра):

1. БКШ назарияси.
2. Юқори температурали ўта ўтказгичлар.
3. Ўта ўтказгичлардан қўлланиш.

## 12-бобнинг хуносаси

Асосий катталиклар	Ҳисоблаш формулалари
Газлардаги ионлашиш энергияси	$E_i = \frac{mv^2}{2} = qE\lambda$
Ўтказгичларнинг солиширма қаршилигининг температурага боғлиқлиги	$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta t)$
Ўтказгич қаршилигининг температурага боғлиқлиги	$R = R_0 (1 + \alpha \Delta t)$

### Глоссарий

**Гальваностегия** – металл маҳсулотини ҳимоялаш ёки декоратив учун бошқа металл қатлами билан қоплашнинг электрохимиявий процесси.

**Ярим ўтказгичли диод** –  $p$ -тиplи ва  $n$ -тиplи ўтказгичларнинг боғланиши.

**Ярим ўтказгичлар** – солиширма ўтказувчанлиги билан ўтказгичлар ва дизэлектриклар орасидаги оралиқ жойга эга бўлган моддалар. Улар ўтказгичларнинг солиширма ўтказувчанликнинг аралашма концентрациясига, температурага ва турли нурланиш турларининг таъсирига боғлиқлиги билан фарқланади.

**Аралашмали ўтказувчанлик** – ярим ўтказгичлардаги акцепторли ёки донорли аралашманинг ўтказувчанлиги.

**Рекомбинация** – ионларнинг нейтрал молекулага боғланиши процесси.

**Хусусий ўтказувчанлик** – ярим ўтказгичларнинг электрон-кемтикли ўтказувчанлиги.

**Ўта ўтказувчанлик** – ўтказгичнинг электр қаршилиги нолга яқин бўладиган ҳолати.

**Ўта ўтказгич** – ўта ўтказувчанлик ҳолатидаги модда.

**Қаршиликнинг температура коэффициенти** – 1 К-га қиздирилган ўтказгич қаршилигининг ўзгаришини кўрсатадиган физик катталик.

**Термистор** – қаршилиги температурага боғлиқ ярим ўтказгичли резистор.

**Термоэлектрон эмиссия** – юкори температурагача қиздирилган металлдан эркин электронларнинг бўшаб чиқиши.

**Транзистор** – сигнални кучайтириш учун қўлланиладиган икки  $p-n$  ўтиши бор ярим ўтказгичлар.

**Зарбдан ионланиши** – атомларнинг ёки молекулаларнинг тез электронлар билан тўқнашиши натижасида мусбат зарядланган ионларнинг ҳосил бўлиши .

**Фоторезистор** – қаршилиги ёргулантиришга боғлиқ ярим ўтказгичли резистор.

**Электролитлар** – ўтказгич моддалар, сув эритмалари билан эрувчилиари

**Электролитик диссоциация** – эритувчи таъсиридан молекулаларнинг ионларга ажralиши .

**Электролиз** – электролит орқали ток ўтганда электродларда тоза модданинг ажralиш ҳодисаси.

13-БОБ

## МАГНИТ МАЙДОНИ

Қадимги Осиё ҳудудлари Магнезия қалъасидан тоғ жинсларининг бир-бирига тортишиш намуналари топилган. Қальва аталишига қараб бу намуналарни «магнетиклар» деб аташган. Магнетиклар магнит майдонининг таъсиридан таъсирлашади.

Магнит майдони доимий магнитсиз ҳаракатланадиган зарядланган зарраларнинг атрофида ҳам пайдо бўлади. Биринчи Катта портлашдан кейин, олам пайдо бўлгандан бери фазовий кўплаб ҳаракатланадиган электронлар билан, протонлар билан, шунингдек гелий билан водород ионлари билан тўлдирилди. 2010 йили Калифорния техник университетининг астрофизиги Шиничиро Андо ва Лос-Анджелеснинг Калифорния университетининг астрофизиги Александр Кусенко энг қора қоронғи суратидан Оламнинг реликтив магнит фонини пайқаради. Уларнинг фикрича, оламни тешиб ўтадиган магнитли фоннинг таъсиридан суратлар аниқ бўлмади.

Магнит майдони – ҳаракатдаги электр зарядларига, токли ўтказгичга, магнит моменти бор жисмларга таъсир этадиган материянинг бир тури.

Электротехника, радиотехника билан электроника магнит майдонининг техникикада қўлланилишига асосланган. Магнит майдони дефектоскопияда зарядланган зарраларни тезлатгичларида, бошқариладиган термо ядро синтези ҳолатида иссик, плазмани ушлаб туриши учун қўлланилади.

### Бўлимни ўқиб-ўрганиш орқали сиз:

- ўтказгичларнинг магнит майдонини тавсифлайдиган катталикларни тасвирлашни;
- чап қўл қоидасини тавсифлашни ва магнит майдонининг ҳаракатланадиган зарядланган зарра билан токли ўтказгичга таъсирини аниқлашни;
- магнитли материаллар қўлланиладиган замонавий ишлаб чиқариш турларини (неодим магнитлар, датчиклар, сейсмографлар, металл излагичлар) тавсифлашни ва уларнинг қўлланилиш йўналишларини таҳлил қилишни;
- тажриба асосида сунъий магнит йиғишни ва унинг қўлланилиш саноатини тавсифини;
- соленоиднинг магнит майдонига таъсир этадиган омилларини тушунтиришни ўрганасиз.

## 27§. Магнит майдони. Парма қоидаси. Магнит индукцияси вектори

### Кутиладиган натижаси

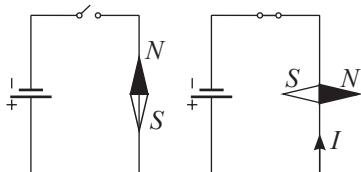
Бу параграфни ўзлаштиргандай:

- ўтказгичларнинг магнит майдонини тавсифлайдиган катталикларни тушунтира оласиз.

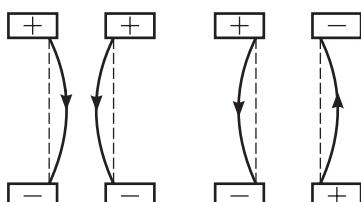


### Жавоби қандай?

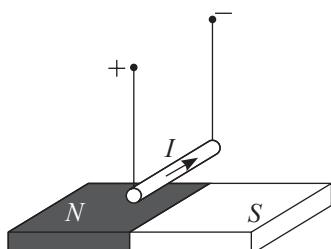
Нега Эрстед тажрибасида токли ўтказгич Ер меридиани бўйича жойлаширилади?



194-расм. Эрстед тажрибаси



195-расм. Токли ўтказгичларнинг ўзаро таъсири



196-расм. Тўғри магнитнинг токли ўтказгич билан ўзаро таъсири

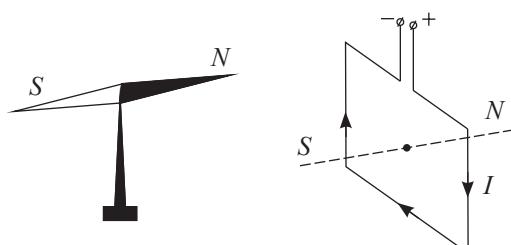
### I Эрстед тажрибаси

1820 йили голланд олим Эрстед тажриба асосида токли ўтказгичнинг атрофида магнит майдонини аниқлади. У меридиан бўйича жойлашган симнинг устига ингичка ип билан магнит стрелкасини осиб қўйди (194-расм). Калит қўшилган вақтда магнит стрелка симга тик бурчак ясад бурилади. Эрстед тажрибани турли металлардан ясалган ўтказгич симларда, шунингдек турли газлар билан тўлдирилган газ трубиналарда, электролитли трубаларда қайта ўтказиб, бундай холосага келди: ҳар қандай муҳитда ҳаракатланадиган зарядларнинг атрофида магнит майдони пайдо бўлади. Электр токининг иссиқлик, химиявий ва магнит таъсирининг ичида факат магнит таъсиригина ҳар қандай муҳитда рўй беради.

### II Ампер тажрибаси

Ампер доимий магнит майдонининг токли ўтказгичга таъсири ва токли ўтказгичларнинг ўзаро таъсиралишини текширди. У бир қатор тажрибалар ўтказиб, қўйидаги холосалар берди:

- 1) агар улардаги ток йўналиши бирдай бўлса, икки параллел ўтказгич бир-бирига тортилади, ток йўналишлари қарама-қарши итарилади (195-расм).
- 2) Ингичка ипга осилган токли ўтказгич магнит ўқига перпендикуляр (196-расм).
- 3) Ернинг магнит майдони токли рамкага йўналган ҳаракат беради. Магнит стрелкасининг ўқи ўрам текислигига перпендикуляр бўлади (197-расм).



197-расм. Токли рамка текислигига туширилган перпендикуляр магнит стрелка каби йўналган

## II Тұғри ва айланма токнинг магнит индукцияси

**Магнит майдонининг токли ўтказгичга күч таъсирини тавсифлайдыган физик катталикті магнит индукцияси деб аталади.**

Француз физиклари **Ж.Био** ва **Ф.Савар** 1820 йили тажриба асосида тұғри токнинг магнит индукциясининг катталигини анықлади:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}, \quad (1)$$

бундаги  $B$  – токли ўтказгичтің магнит индукцияси, майдоннинг күч тавсифи;  $I$  – ўтказгичдеги ток күчи,  $a$  – фазовий нүктесинің ўтказгичтегі бүлгін энг қисқа оралиқ (198-расм),  $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Н/А – магнит доимий. Магнит индукциясининг ХБС-даги ўлчов бирлиги:

$$[B] = 1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}.$$

Формаси мураккаб ўтказгичлар юзага келтирған майдонларнинг магнит индукциясини олимлар анықлады олмади. Француз физиги ва математиги П.Лаплас тажриба маълумотларини умумлаштириб, хар қандай шаклдеги ўтказгич майдонининг магнит индукциясини анықлашга имкон берадын қонуниятты очди: айланма токнинг марказидеги магнит индукциясини ҳисоблаш формуласи олинди (199-расм):

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}, \quad (2)$$

бундаги  $R$  – ўрам радиуси.

Шу қонун билан аниқланған соленоиднинг (ўрам сони қўп  $N$ , узунлиги ўрам диаметридан анча катта  $1 \gg d$  фалтак) ичидеги магнит индукцияси:

$$B = \frac{\mu_0 IN}{l} \quad (3)$$

ёки

$$B = \mu_0 nI, \quad (4)$$

бундаги  $n = \frac{N}{l}$  – бирлик узуунликдеги ўрамлар сони.

Үзгармас ток майдонининг магнит индукцияси үзгармас катталиктің бўлиб қолади, демак соленоиднинг ичидеги магнит майдони бир жинсли, күч чизиклари ўзаро параллел (200-расм).

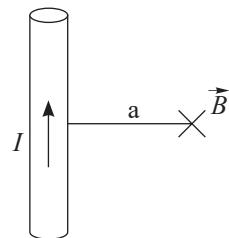
Магнит майдонлари учун суперпозиция принципи бажарилади:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n.$$

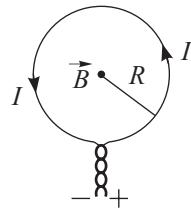
Бир неча ўтказгич юзага келтирған майдоннинг магнит индукцияси ўша майдонларнинг магнит индукциясининг вектор йигиндиси кўринишіда аниқланади.

**Жавоби қандай?**

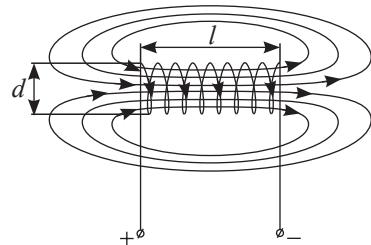
Нега яшин темир жисмларни электрлаш қобилиятига эга?



**198-расм.** Токли ўтказгичдан узоқлаштирилганда магнит майдонининг индукцияси камаяди



**199-расм.** Ўрам радиусини ортигирғанда айланма токнинг марказидеги магнит индукцияси камаяди.



**200-расм.** Соленоиднинг ичидеги магнит майдони бир жинсли.

## IV Тұғри ва айланма токнинг магнит майдонининг күч чизиқлари

Магнит майдони электр майдони каби күч чизиқлари билан тасвирланади.

**Магнит майдонининг күч чизиқлари-векторлари ҳар қандай нүктада магнит индукция векторининг йұналишини күрсатадиган чизиқлар.**

Магнит майдони чизиқларининг йұналишини магнит стрелкасининг шимолий қутби мүрсатади (201-расм). Бу йұналишни майдоннинг магнит индукциясынинг йұналиши деб қабуллаш келишилган. Тұғри ва айланма токнинг магнит майдонининг күч чизиқларининг йұналишини парма қоидаси бүйіча аниқланади.

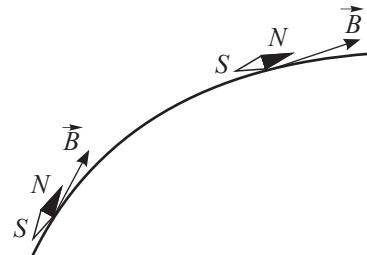
Агар парманың илгариланма ҳаракати ўтказгичдеги ток йұналиши билан мос көлтирең, парма дастасининг айланма ҳаракати магнит майдонининг күч чизиқларининг йұналишини күрсатади (202-расм).

Магнит күч чизиқларини текисликда тасвирлаш учун, магнит индукциясынинг векторини камон ёйи шаклида тасаввур қилиб, нүкталар – «үқ учи» ва крест чизиқларни ( $x$ ) – «үқнинг оёқлари» күлланилади. Агар вектор нүкта билан билгиланса, унда у расм текислигиге перпендикуляр юқори йұналған, агар крест билан белгиланса, унда худди шундай расм текислигиге перпендикуляр, бироқ пастта йұналған. Ўтказгичнинг кесимидағы ток йұналишини шунга үхшаш тасвирланади. 203-расмда ток юқорига қараб оқиб турған ўтказгичнинг кесими тасвирланған. Ўтказгичнинг атрофидеги магнит майдонининг күч чизиқлари соат срелкасига қарши йұналған концентрик айланалардан иборат. 204-расмда кесими токли ўтказгич бүйіча жойлашған магнит майдонининг күч чизиқлари расм текислигиге перпендикуляр ва улар ўтказгичнинг чап томонида юқори, ўнг томонида пастта йұналған. Айланма токнинг күч чизиқлари 205 a, b, в-расмларда бир текисликда берилған.

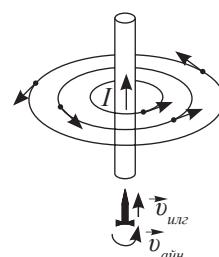


### 1-топширик

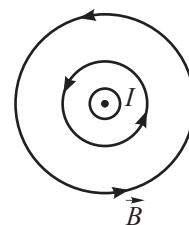
217-расмга қаранг. Парма ёки ўнг қүл қоидаси асосида айланма ток юзага көлтирган магнит майдонининг күч чизиқларининг йұналишини тушунтириң.



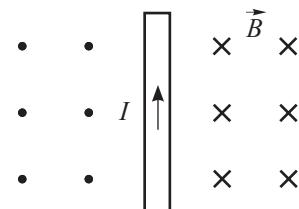
201-расм. Магнит стрелкасининг шимолий қутби магнит майдонини күч чизиқларининг йұналишини күрсатади



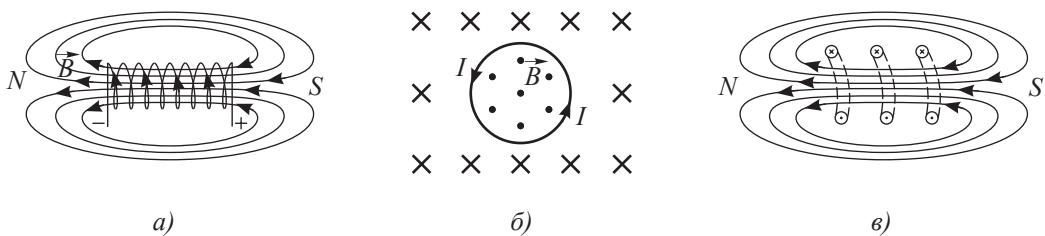
202-расм. Токлы ўтказгичнинг магнит майдонининг күч чизиқларининг йұналишини парма қоидаси бүйіча аниқлаш.



203-расм. Ўтказгичнинг күндаланғ кесимидағы күч чизиқларининг тасвири



204-расм. Ўтказгичнинг бүйлама кесимидағы күч чизиқларининг тасвири



205-расм. Айланма токнинг куч чизиқлари.

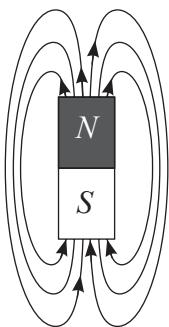
Токли ғалтакнинг магнит майдонининг йўналишини ўнг қўл қоидаси билан осон аниқлашга бўлади:

Агар ўнг қўлимизни галтакка тўрт бармоғимиз унинг ўрамларидағи ток йўналишини кўрсатадигандай қилиб қўйсак, унда  $90^\circ$  бурилган бош бармоғимиз магнит майдонининг йўналишини кўрсатади.

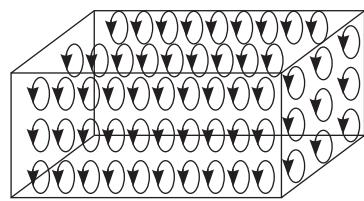
Электр майдонининг куч чизиқлари билан солиштирганда магнит майдони куч чизиқлари ҳар доим ёпиқ бўлади.

## VI Ампер гипотезаси

А.Ампер айланма токнинг магнит майдонини тўғри магнитнинг магнит майдони билан ўхшашлигини кузатиб (205 в) ва 206-расм), 1820 йили доимий магнитларнинг магнит хоссаларини улардаги элементар айланма токлар билан боғланиши ҳақидаги гипотезани тавсия қилди. У магнит майдонининг куч чизиқларининг боши ҳам, охири ҳам бўлмаганликдан магнит зарядлари бўлмаслиги керак деб ҳисоблади. Фақат кейинги асрнинг бошида атом тузилишининг кашф этилишига боғлиқ ҳолда элементар токлар ядро атрофидаги электронларнинг ҳаракатидан юзага келиши маълум бўлди. Ампер гипотезаси магнит қутбларининг бўлмаслигини ва катта магнитларни бўлиш пайтида кичик магнитлар пайдо бўлишини осон тушунтиради. 207-расмда магнитланган темир парчасидаги элементар токларнинг йўналган ҳаракати кўрсатилган. Магнитланмаган ҳолатда элементар токлар эркин йўналган, уларнинг магнит майдонлари бир-бирини тўлдиради. Парчани иккига бўлсак, элементар токларнинг жойлашуви ўзгармайди. Кичик қисмларида ҳам катта парчаларидагидек хоссаларга эга.



206-расм. Тўғри магнитнинг магнит майдони



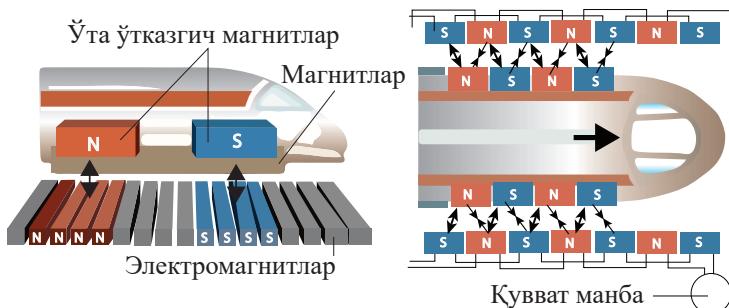
207-расм. Ядро атрофидаги электронларнинг айланма ҳаракатидан юзага келган магнит майдони



## 2-төпшириқ

208-расм бўйича левитация ва поездни магнит ёстиқчада ҳаракатга келтирадиган система принципларини тушунтиринг.

Интернет материалларидан фойдаланиб, Берлинда, Бирмингемда, Японияда ясалган дастлабки поездларнинг магнит тортиш технологияларини солиштиринг.



**208-расм.** Магнит ёстиқчалардаги поезднинг тортиши (левитация) тизими



## Жавоби қандай?

- Нега табигатда магнит зарядлари йўқ?
- Нега магнитни иккига бўлганда, унинг бўлакларининг ҳар бири қайтадан иккى қутбга эга бўлади?
- Нега доимий магнитларнинг магнит майдони вақт ўтиши билан заифлашади?

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

*I* ток оқиб турган чексиз тўғри ўтказгич симнинг расмда кўрсатилгандек ўрами бор. *O* нуқтасида магнит майдонининг индукцияси шу нуқтадаги (*б*) расм тўғри токнинг магнит индукциясидан неча марта ортиқ?

**Берилган:**

*I*

$$\frac{B_0}{B'_0} - ?$$

**Ечиш:**

Ўтказгич сим 230 а-расмда кўрсатилгандек эгилган бўлса, тўғри ток ва ўрам ҳосил қилган магнит майдон индукциялари  $\vec{B}_1$  ва  $\vec{B}_2$  қарама-қарши йўналган, шунинг учун:

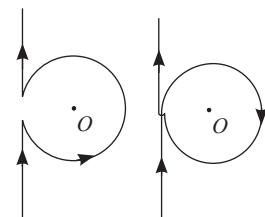
$$B_0 = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 I}{2r} \left( \frac{1}{\pi} - 1 \right)$$

Ўтказгич сим 230 б-расмда кўрсатилгандек эгилган бўлса, магнит майдон индукция векторлари бир хил бўлади, 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)*

*б)*

## Назорат саволлари.

1. Магнит майдонини қандай яратиш мүмкін?
2. Токли ўтказгичлар магнитланган жисмлар, доимий магнит билан қандай таъсирлашади?
3. Магнит майдонини қандай тасвирланади?
4. Парма қоидаси нимани аниқлайды?
5. Токли ўтказгич магнит майдонининг индукцияси ток кучига қандай бағлицік?
6. Токли ўтказгичдан узоқлаштирилган магнит майдонининг индукцияси қандай үзгәради?
7. Ампер гипотезаси қандай таърифланади?



## Машқ

26

1. Икки пүлат шарнинг бири магнитланган. Аслида қайсиси эканини шу шарлардан фойдаланиб, қандай аниқлашга бўлади?
2. Чексиз узун тўғри ўтказгичдаги ток кучи  $I = 20$  А. Ўтказгичдан  $r = 5$  см масофадаги нуқтада магнит индукциясини аниқланг.
3. Радиуси  $R = 5,8$  см айланма токнинг марказидаги магнит индукцияси  $B = 1,3 \cdot 10^{-4}$  Тл. Ток қучини аниқланг.

## Ижодий топшириқлар

ppt-презентация билан маълумот тайёрланг:

1. У.Гильберт, О.Кулон, Ф.Арагонинг ўзаро магнит таъсирларнинг тадқиқотлари.
2. Магнитларнинг техникада қўлланилиши.

## 28§. Ампер кучи. Лоренц кучи

### Кутиладиган натижака

Бу параграфни ўзлаштирганды:

- Чап құл қоидасини құлашни ҳамда магнит майдонининг ҳаралатдагы зарядланган зараларга әт токли ўтказгичга таъсирини тавсифтай оласиз.



### Ўз тажрибанғыз

Ампернинг тажрибасини тақрорланг. Ўтказгични доимий ток манбаига уланг, майдонга тақасимон магнитни киритинг (209-расм). Токли ўтказгичнинг оғиши ўйналишини анықланг.

Магнит күтбларини ўзгартириң, ўтказгич оғиши бурчаги қандай ўзгарғанлыгини анықланг. Икки магнитдан фодаланиб, тажрибани тақрорланг. Ўтказгичдагы токни ўзгартириң. Ўтказилған тажрибаларни якунлаб хулоса чиқаринг.

Ампер кучининг ўзгарғанлыгини қандай белги бүйіча анықладынгиз?

### I Ампер қонуни

А.Ампер олиб борган тажрибалари токли ўтказгичга таъсири этадиган кучнинг магнит индукциясинин катталигига ва йўналишига боғлиқ эканини кўрсатди. Буни тажриба асосида осонгина кўришга бўлади (209-расм). Магнит майдонининг токли ўтказгичга таъсири этадиган кучини Ампер кучи деб аталади.

Ампер ўз тадқиқотларининг натижасида қуйидаги хулосага келди:

**Магнит майдонининг токли ўтказгичга таъсири этадиган кучи магнит индукциясининг перпендикуляр ташкил этувчисига, ток кучига ва ўтказгичнинг узунлигига тўғри пропорционал.**

$$F_A = B_{\perp} I \cdot l$$

ёки  $F_A = BI \cdot l \sin \alpha$ , (1)

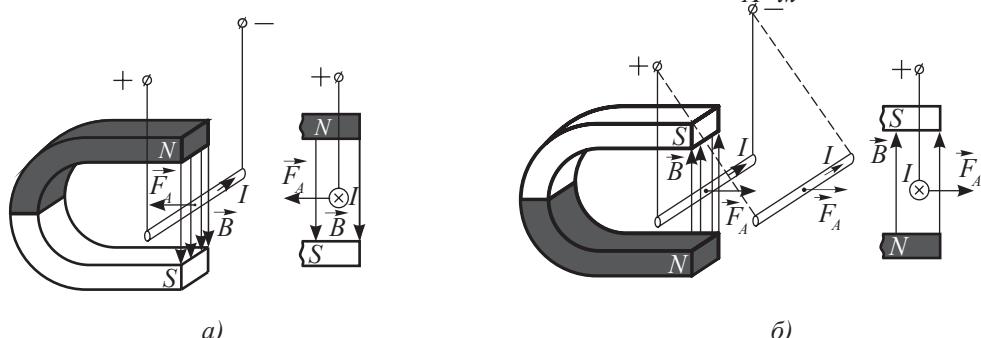
бундаги  $\alpha$  – магнит индукция вектори  $\vec{B}$  билан ток йўналиши орасидаги бурчак. Олинган формуладан чиқади:  $\sin \alpha = 1$  ёки  $\alpha = 90^\circ$  бўлганда, ўзаро таъсирилашиб кучи максимал бўлади.

Ампер қонуни асосида магнит майдонининг куч тавсифи сифатида магнит индукциясининг физикавий маъноси анықланган:

$$B = \frac{F_A}{l \sin \alpha} \quad (2)$$

ва магнит индукциясининг ўлчов бирлиги билан куч ўлчов бирлиги орасидаги боғлиқлик анықланди:

$$[B] = 1 \text{ Tl} = 1 \frac{H}{A \cdot m}.$$



209-расм. Магнит майдонида токли ўтказгичнинг оғиши

## II Ампер кучининг йўналиши

Ампер кучининг йўналиши чап қўл қоидаси бўйича аниқланади:

Агар чап қўлимизнинг кафтига индукция вектори кирадиган қилиб тутиб, ёйилган тўрт бармоқ ток йўналиши бўйича очилса, унда  $90^\circ$  га очилган бош бармоғимиз Ампер кучининг йўналишини кўрсатади.

Чап қўл қоидаси магнит индукция вектори билан ўтказгичдаги ток кучининг орасидаги бурчак  $90^\circ$  бўлганда бажарилади. Агар бурчак  $90^\circ$  дан қичик ёки катта бўлса, магнит индукцияси векторини  $\vec{B}$  токли ўтказгичга боғлиқ параллель ва перпендикуляр компонентарини қўшиш керак (210-расм).

$$B_{\perp} = B \sin \alpha . \quad (3)$$

Ампер кучининг йўналишини перпендикуляр компонентаси билан аниқланади.

## III Лоренц кучи

Ампер кучи токли ўтказгичга ток билан таъсир этадиган куч, ток зарядланган зарраларнинг тартибли ҳаракатидан иборат бўлганидан, бир зарядланган заррага таъсир этадиган куч  $F_L = \frac{F_A}{N}$  (4) нисбати билан ифодалашга бўлади.

Бундаги  $N$  – зарядланган зарраларнинг сони.

**Лоренц кучи–магнит майдони томонидан майдонда ҳаракатланаётган зарядланган зарраларга таъсир этадиган куч.**

Ампер қонунига асосан:

$$F_A = BIl \sin \alpha , \quad (5)$$

Ток кучини битта зарядланган зарра орқали ифодалаймиз:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{q_0 N}{t} . \quad (6)$$

(5) ва (6) тенгликни (4) тенгликка қўямиз, шунда:

$$F_L = \frac{Bq_0 N l \sin \alpha}{t N} .$$

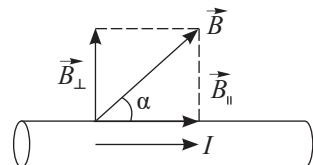
$v = \frac{l}{t}$ , бундаги  $v$  – зарядларнинг йўналиши ҳаракатининг тезлиги эканини ҳисобга олиб, Лоренц кучининг ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$F_L = q_0 B v_{dp} \sin \alpha , \quad (7)$$

бундаги  $\alpha$  –  $\vec{B}$  магнит индукция вектори билан  $\vec{v}$  тезлик йўналиши орасидаги бурчак.

### 1-топширик

Чап қўл қоидасидан фойдаланиб, 209 а) ва б) расмлардаги токли ўтказгичнинг оғиши тўғри кўрсатилганини текширинг.



**210-расм. Магнит индукцияси векторининг компоненталарига бўлиншии**



**Хендрик Антон Лоренц** (1853–1928) – голландиялик нашриётчи-физик. 1902 йили магнитизмнинг нурланишга таъсирини текширгани учун физика бўйича Нобель мукофотини олди. Париж ва Кембридж университетининг фахрий доктори, Лондон ва немис физика жамиятининг аъзоси, 1881 йилдан бошлаб Нидерланд фан академиясининг аъзоси. Х.Лоренц ёруғликнинг электромагнит назариясини ва материянинг электрон назариясини ривожлантириди.



### Жавоби қандай?

Нега индукция векторига параллель жойлашган токлы ўтказгыч оғмайды?

## IV Лоренц кучининг йўналиши

Мусбат зарядга таъсир этадиган Лоренц кучининг йўналиши чап қўл қоидаси билан аниқланади. Манфий зарядлар учун кучининг йўналиши қарама-қарши.

Лоренц кучи ўтказгичда токни юзага келтирадиган зарядланган зарраларга, шунингдек фазода эркин ҳаракатланадиган зарядланган зарраларга ҳам таъсир этади.

## V Магнит майдонида ҳаракатланадиган зарядланган зарралар траекториясининг эгрилик радиуси

Зарядланган зарра магнит майдонига унинг куч чизиқларида перпендикуляр йўналишида учиб кирсин. Бу ҳолатда Лоренц кучи заряднинг ҳаракат тезлигига перпендикуляр йўналганилигидан, у заррага марказга интилма тезланиш беради. Лоренц кучининг таъсиридан жисм радиуси  $R$  айлана бўйича ҳаракатланади (211-расм). Тезланиш билан ҳаракатланадиган зарядланган зарра учун Ньютоннинг иккинчи қонуни бажарилади:

$$m\vec{a} = \vec{F}_L. \quad (8)$$

(8) тенглика Лоренц кучини формуласини (7) кўйиб, тезланишни тезлик квадратининг радиусга нисбати билан  $a_{u.m.} = \frac{v^2}{R}$  алмаштиrsак:

$$\frac{mv^2}{R} = qBv \sin \alpha. \quad (9)$$

Қаралаётган ҳолатда  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\sin \alpha = 1$ , шу шарт бўйича тенгламадан (9) траекториянинг эгрилик радиуси:

$$R = \frac{mv}{qB} \text{ экани чиқади.} \quad (10)$$

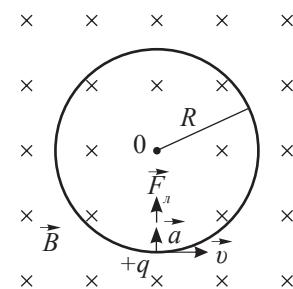
Зарраларнинг тезлиги қанчалик катта бўлса, унинг  $B = \text{const}$  бир жинсли магнит майдондаги траекториясининг эгрилик радиуси шунчалик катта.

Зарядланган зарраларнинг тезланишли ҳаракати ва уларнинг тўқнашиши вақтида янги зарраларнинг пайдо бўлиши бир қатор асбобларда, масалан циклотронда (213-расм), колладайдерда (214-расм) фойдаланилди. Циклотронда ишлаб чиқарилган асосий радиоизотоплар: Cd-109, Ge-68, Tl-201, Co-57, Ga-67



### 2-топшириқ

211-расмга қаранг. Лоренц кучининг йўналиши тўғри кўрсатилганми? Топшириқни бажариш учун қандай қоидани кўлладингиз?

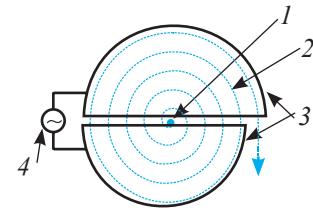


**211-расм.** Тезлиги бир жинсли магнит майдонининг кучларига перпендикуляр зарранинг траекторияси – айлана.



### 3-топшириқ

Циклотроннинг принципиал схемасига қараб (212-расм), ишлаш принципини тушунтиринг.



**212-расм.** Циклотроннинг принципиал схемаси:

1 – кириш жойи (протонлар, ионлар);

2 – тезлаштирилган зарраларнинг траекторияси;

3 – электродларни тезлатилиши; 4 – ўзгарувчан кучланиши генератори.

**Магнит майдони расмнинг текислигига перпендикуляр йўналган.**



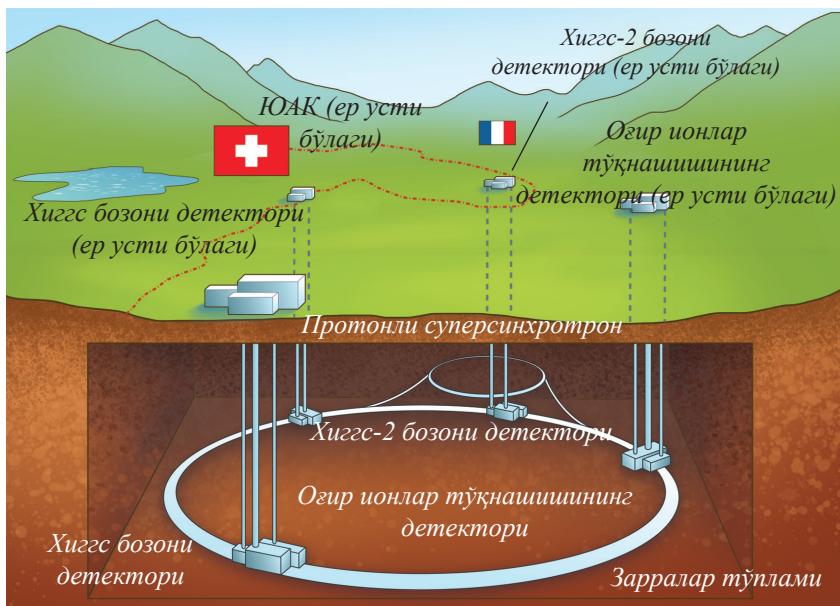
**213-расм.** Қозогистон Республикаси Энергетика министрлигинин  
ядро физика институтидаги Y-150M изохронлы циклотрон.



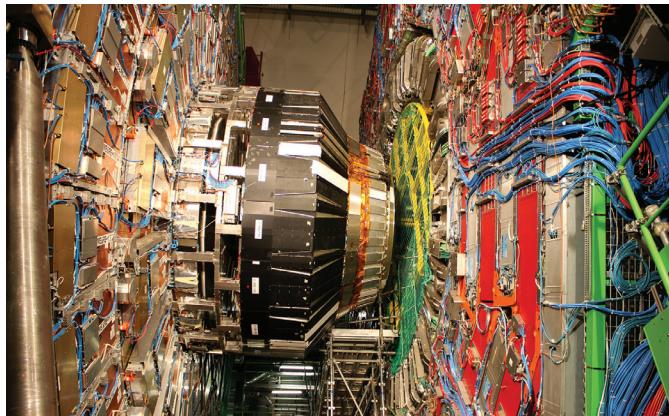
#### 4-төпширик

ЮАК курилмасининг принципиал схемасига қаранг (214-расм).

ЮАКнинг асосий блоклари билан қисмларини айтинг.



**214-расм.** ЮАК (Юксак адронли коллайдер)  
курилмасининг принципиал схемаси



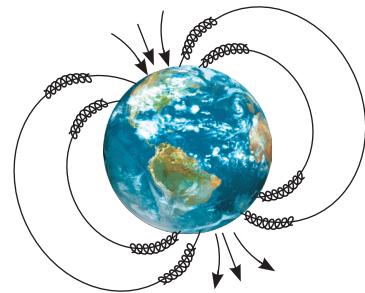
215-расм. Юксак адронли колладер

### Бу қызик!

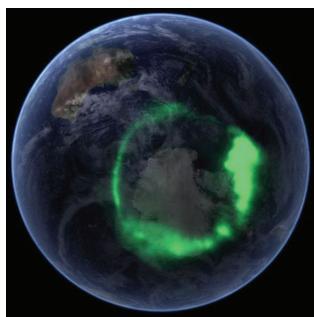
ЮАК – дунёдаги эңг йирик тажриба қурилмаси. Унинг курилишига ва тадқиқот ишларига 100-дан ортиқ мамлакатдан 10 мингдан ортиқ олимлар билан инженерлар қатнашди (215-расм).

## VI Лоренц кучи ва қутб ёғдуси

Ер қутбларининг атрофида қутб ёғдусининг пайдо бўлишини Ернинг магнит майдонининг таъсири билан тушунтирилади. Зарядланган зарралар космосдан учиб чиқиб, Ер майдонининг индукция чизиқлари бўйлаб «ўрам» жойлашади (216-расм). Зарралар Ерга қутб худудларига яқинлашиб, заиф разрядни юзага келтиради, бу қутб ёғдусига олиб келади (217-расм). Қутб ёғдуси Ер юзасидагина бўлмайди. 218-расмда Қуёш активлиги вактида Юпитернинг расми кўрсатилган. Расм Ер атрофида ҳаракатланадиган рентгентли Чандра обсерваториясида олинган.



216-расм. Ернинг магнит майдонидаги зарядланган зарраларнинг ҳаракати



217-расм. Ер юзасидаги қутб ёғдуси. Космосдан туширилган расм



218-расм. Юпитердаги қутб ёғдуси



### Жавоби қандай?

Манғий зарядланган заррага таъсир этадиган Лоренц кучини аниқлаганда, нега тўрт бармоғимиз зарраларнинг ҳаракат ўйналишига қарши ўйналган?

### 5-топшириқ

230 ва 231-расмларга қаранг. Уларнинг ўхашашлиги билан фарқларини кўрсатинг.

Қуёш системасининг қайси планеталарида қутб ёғдуси бўлади? Уларни қандай ҳолатда кўришга бўлади?

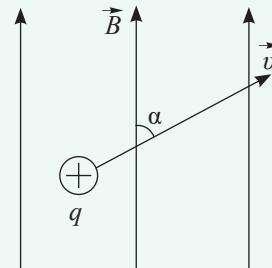
## Назорат саволлари:

1. Ампер кучининг йўналишини, Ампер кучининг катталиги қандай аниқланади?
2. Қандай куч Лоренц кучи деб аталади?
3. Лоренц кучининг қиймати қандай катталикларга боғлик?
4. Ампер кучи билан Лоренц кучи орасида қандай боғлик бор?
5. Мусбат зарраларга, манфий зарраларга таъсир этадиган Лоренц кучларининг йўналишини қандай аниқланади?
6. Агар тезлик магнит индукциясиغا перпендикуляр бўлса, зарра қандай траектория бўйича ҳаракатланади?

## Машқ

27

1.  $I = 1,5\text{A}$  ток оқиб ўтадиган узунлиги  $l = 1\text{ m}$  тўғри чизикли ўтказгич индукцияси  $B = 0,1\text{ Tl}$  магнит майдонида жойлашган. Магнит майдони куч чизиклари ўтказгич ўқига параллель бўлса, ўтказгичга таъсир этадиган куч қандай?
2. Индукцияси  $B = 0,25\text{ Tl}$  бир жинсли магнит майдонига  $q = -2 \cdot 10^{-6}\text{ Kl}$  нуқтавий заряд  $v = 8\text{ m/s}$  тезлик билан учиб киради. Заряд тезлиги билан магнит индукция орасидаги бурчак  $\alpha = 30^\circ$  (219-расм). Зарядга таъсир этадиган кучнинг модулини ва йўналишини аниқланг.
3. Электрон индукцияси  $B = 0,01\text{ Tl}$  бир жинсли магнит майдонида айланадиган кучни ва айлананинг радиусини аниқланг.



219-расм. 2-масалага

## Ижодий топшириқлар

ppt-презентациясидан фойдаланиб, қуйидаги мавзуларга маълумот тайёрланг (хоҳишига кўра):

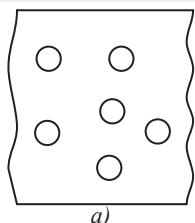
1. Магнитли илгич;
2. ТОКАМАК

## 29§. Моддаларнинг магнит хоссалари

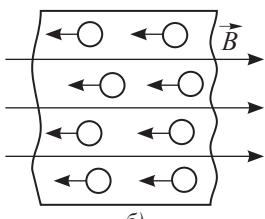
### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштирганданда:

- магнитли материаллар (неодим магнити, датчиклар, сейсмо граffлар, металл излагичлар) кўлланиладиган замонаёй саноатларни таъсифлаб, улардан фойдаланишини муҳокама қила оласиз.



a)



б)

**220-расм.** Лоренц кучининг таъсиридан диамагнетикларда ташки майдонга қарши таъсир этадиган магнит майдон пайдо бўлади

### I Моддаларнинг магнит хоссалари. Магнит сингдирувчанлик

Барча моддалар магнитик хоссаларига қараб шартли равишда кучсиз магнитик ва кучли магнитик моддаларга бўлинади. Моддаларнинг магнит хоссаларининг асосий характеристкаси – магнит сингдирувчанлиги бўлади.

**Магнит сингдирувчанлик – моддадаги магнит майдонининг индукцияси ва-куумдаги магнит майдонининг индукциясидан неча марта фарқ қилишини кўрсатадиган физик катталик.**

$$\mu = \frac{B}{B_0} ,$$

бунда  $\mu$  – магнит сингдирувчанлик,  $B$  – моддадаги магнит майдонининг индукцияси,  $B_0$  – вакуумдаги магнит майдонининг индукцияси.

Кучсиз магнитик моддаларнинг магнит сингдирувчанлиги 1-га яқин. *Магнит сингдирувчанлиги 1-дан катта моддаларни  $\mu \geq 1$  парамагнетиклар, бирдан кичик моддаларни  $\mu \leq 1$  диамагнетиклар деб аталади.*

Кўшимчадаги 16-жадвалда баъзи моддаларнинг магнит сингдирувчанлиги берилган.

Кучли магнитик моддаларнинг магнит сингдирувчанлиги юзлаб ва минглаб бирликка етади, масалан, темир учун  $\mu \approx 5000$ , никель ва темир аралашмаси бўлган пермаллой учун  $\mu \approx 100000$ . Темир, никель, кобалт, гадолиний сингари химиявий элементлар кучли магнитик моддаларга киради. Темир энг катта магнит сингдирувчанликка эга, шунинг учун уларни *ферромагнетиклар* деб аталади.

### II Моддаларнинг магнит хоссаларининг табиати

- Диамагнетизм табиати.** Ташки магнит майдони бўлмаган ҳолатда диамагнетиклар магнит хоссаларга эга бўлмайди. Ўз орбиталари билан ҳаракатланадиган электронлар юзага келтирган кучсиз токлар бир-бирини тўлдирадиган магнит моментларни ҳосил қиласиди (220 а-расм). Агар диамагнетикни магнит майдонига жойлаштиrsак, электронларга Лоренц кучи таъсир этади. Электронларнинг айланishi йўналиши ўзгаради, моддада йўналиш жиҳатидан ташки майдонга қарама-қарши магнит майдони ҳосил бўлади (220 б-расм). Суперпозиция принципи бўйича диамагнетик ҳосил қилган магнит майдони ташки майдонни заифлаштиради.
- Парамагнетизм табиати.** Парамагнетикларда ҳам атомлар ўз магнит моментларига эга бўлади. Атомларнинг иссиқлик ҳаракати туфайли улар турли

йўналишларга йўналган ва бир-бирини тўлдиради (221 а-расм). Ташқи магнит майдони таъсиридан электронларнинг орбита бўйича ҳаракатидан ҳосил бўлган майдонларнинг магнит моментлари ташқи майдоннинг магнит индукцияси йўналиши билан жойлашади (221 б-расм). *Парамагнетиклар ташқи майдонни кучайтиради.*

- 3) *Ферромагнетизм табиати.* Ферромагнетикларда магнит майдони электронларнинг ядро атрофида айланишига эмас, балки электронларнинг ўз ўки атрофида айланишига ҳам боғлиқ. Электронларнинг ўз-ўзидан айланиш момент испин (ингил. spin – айланиш) деб аталади. Ташқи магнит майдони бўлмаган ҳолатда ферромагнетикларнинг ичидаги ўз-ўзидан магнитланган соҳалар – *доменлар* бўлади. Бу соҳаларда электрон спинлари бир йўналишга йўналган (222 а-расм). Ташқи магнит майдони бўлганда доменларнинг чегараси йўқолади, уларнинг магнит майдони ташқи магнит майдонининг индукция вектори бўйича йўналади. Бу ташқи магнит майдонини кучайтиради (222 б-расм).

Температуранинг юқори қийматида ферромагнетиклар магнит хоссаларини йўқотади. Ҳар бир модда учун температуратурага қийматга эга, бу температурани француз физиги П. Кюрининг хурматига *Кюри температураси* (нуктаси) деб аталади.

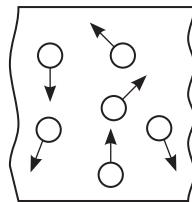
*Кюри температурасидан юқори температура ларда ферромагнетиклар парамагнетикларга айла нади, уларнинг магнит сингдирувчанлиги бирга яқин қиймат  $\mu \geq 1$  гача камайди.*

### III Юмшоқ магнитли ва қаттиқ магнитли ферромагнетиклар

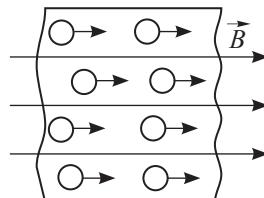
Барча ферромагнетиклар юмшоқ магнитли ва қаттиқ магнитли бўлган икки гурухга бўлинади. Юмшоқ ферромагнитлар магнит хоссасини осон йўқотади. Қаттиқ ферромагнитлар магнит хоссаларини узоқ сақлайди.

### IV Ферромагнетиклардан фойдаланиш

Юмшоқ магнитли материаллар тез магнитланиш хоссаларининг бўлишидан магнит электр системасида трансформаторнинг, электр двигателъ ва генераторнинг, ўлчов асбобларининг ўзакларини тайёрлашда қўлланилади. Қаттиқ магнитли ферромагнетиклардан доимий магнитлар ясашида фойдаланилади. Доимий магнитларнинг магнит майдони вақт ўтиши билан заифлашади, тўғри сақланмаган ҳолда магнитлар

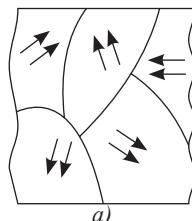


а)

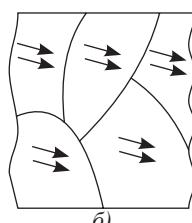


б)

**221-расм.** Атомларнинг ўз магнит моментлари ташқи магнит майдонининг куч чизиқлари бўйича жойлашиб, уни кучайтиради



а)



б)

**222-расм.** Ферромагнетикларнинг ташқи магнит майдонини кучайтириши электронларнинг ўз ўки атрофида айланишидан бўлади

**11-жадвал.** Баъзи моддалар учун Кюри температураси

Модда	Температура
Темир	767 °C
Никель	360 °C
Кобальт	1130 °C

магнитик хоссаларини йўқотади. Доимий магнитни соленоид ҳосил қилган майдонга жойлаштириб, унинг максимал магнит хоссасини тиклаш қийин эмас. Доимий магнитларнинг магнит хоссаларини сақлаш учун уларнинг магнит чизиқлари ёпиқ бўлиши керак. Тақасимон магнитларнинг кутблари магнитни юмшоқ темирдан ясалган пластина билан биректирилади. Шундай қилиб, узоқ вакт бўйи магнит ичида молекулаларнинг жойлашиши ўзгаришсиз сақланади. Тўғри магнитларни сақлашда уларни хар хил кутблари билан қаторлаштириб жуфтланади, кутбларини эса юмшоқ темирдан ясалган пластина билан биректирилади.

## V Неодим магнитлар ва улардан фойдаланиш

Ўлчамлари кичкина неодим магнитлар энг катта тортишиш кучига эга. Улар неодим аралашмасида, турли нисбатда темир билан бор аралашмасидан NdFB ясалган ва коррозизияга қарши қатлам билан қопланган (223-расм). Бундай кучли доимий магнитларнинг энергиялари оддий магнитларнинг энергияларидан 18 марта ортиқ. Уни биринчи бўлиб 1982 иили Sumitomo Special Metals компанияси ва унинг хамкори General Motors компанияси ясад чикарди.

Неодим магнитларининг қўлланилиш чегараси анча кенг. Уларни енгил ва оғир саноатда қўлланилади. Неодим магнитлардан магнит қулфлар, маҳсулотлар таркибаги металдан тозалаш учун магнитли сепараторлар, турли процессларни автоматлаштириш учун (масалан, гидравлик пресснинг поршенининг ҳаракати) қўлланиладиган датчиклар ясалади (224 а-расм). Кириш эшикларига ўрнатилган датчиклар самарали хавфсизлик тизимини яратишга имкон беради (224 б-расм). Неодим магнитларнинг пайдо бўлиши билан доимий магнитли генераторлар ва двигателлар ясаш йўлга қўйилди. Шунингдек неодим магнитлардан ёдгорлик ва заргарлик буюмларини ясашда ҳам фойдаланилади. Замонавий қичқичлар, тугмалар, музлатгич учун магнитлар пайдо бўлди. Йиғилувчи, куб (кубик) каби ўйинчоқлар ясалди (225-расм). Металл излагичга талаб катта бўлди. Уларнинг сим арқон ёки арқонга мўлжалланган қисқичлари бор. Улар таркибида темири бор жисмларни сув омборларидан, чукурликлардан, кудуклардан, излаш учун, қўтариш учун қўлланилади. Диаметри 80 мм, баландлиги 40 мм цилиндр 300 кг оғирликни кўтариади (226-расм).

### ✓ Эсда сақланг!

Ферромагнетиклар қаттик зарбаларда магнит хоссаларини йўқотади.



### Жавоби қандай?

- Нега ферромагнетиклар қюри температурасида магнит хоссасини йўқотади?
- Нега электромагнит кран билан қизиган темирни кўтара олмаймиз?



223-расм. Турли шаклдаги неодим магнитлар

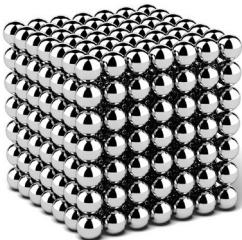


a)



б)

224-расм. Неодим магнитдан ясалган куб



**225-расм.** Бармоқ мустаҳкамлигини ривожлантириши учун ўйинчоқ – кубик



**226-расм.** Неодим магнитдан ясалган металл излагич

### Назорат саволлари:

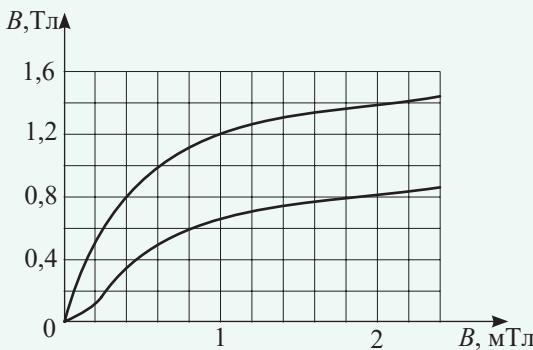
- Мұхиттинг магнит сингдирувчанлигининг физик маңоси қандай?
- Моддалар магнит хоссаларига күра қандай гурухларга бўлинади?
- Диамагнетизм, парамагнетизм ва ферромагнетизм табиати қандай?
- Юмшоқ магнитни ва қаттиқ магнитни ферромагнитлардан фарқи нимада?
- Ферромагнетиклар қаерда қўлланилади?



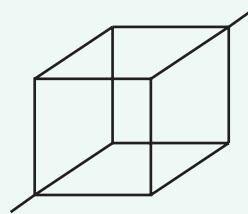
### Машқ

28

- График бўйича (227-расм) майдонинг  $B_0$  индукцияси 0,4 ва 1,2 мТл бўлган вақтдаги, пўлатнинг магнит сингдирувчанлигини аниқланг.
- Куб диагоналиниң учларига ўзгармас кучланиш берилди, унинг томонлари билан ток оқади (228-расм). Майдоннинг куб марказидаги магнит индукцияси нимага teng?



227-расм. 1 ва 2-топшириқларга



228-расм. 2-машқقا

### Ижодий топшириқлар

«Магнитли материаллар қўлланиладиган замонавий саноат тармоқлари» мавзусида ppt-презентация тайёрланг.

## 30§. Сунъий магнитлар. Соленоид

### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштиргандан:

- Тажриба асосида сунъий магнитни қуриб, магнитнинг кўлланилиш чегарасини, соленоидни магнит майдонига таъсир этадиган факторларини тушунтира оласиз.



### Жавоби қандай?

1. Игнани қандай магнитлашга бўлади?
2. Кўшиумча асбоблардан фойдаланмасдан, икки игнани қайсиси магнит хоссага эга эканлигини аниқлашга бўлади?



### Бу қизиқ!

«Магнессиядан келган тош» – ота-боболаримиз магнитни худди ўшандай аташган. Афсона бўйича 4000 йил аввал крит Магнус деган чўпон Магнессия деб аталадиган ерда кўйларни боқиб юрган. Тўсатдан у оёқ кийимидағи михлар билан таёғининг темир учи тошга тортилаётганини сезди. Шундай қилиб, биринчи марта магнитнинг кони топилган. Бу минерални одамлар компас сифатида фойдаланди. Агар магнитни ипга осиб кўйса, унинг магнит майдони Ернинг магнит майдони билан тенглашгунча айланниб туради.

### I Табиий ва сунъий магнитлар

Қадимги замонларда табиий магнит тош синик қайроқлари орқали олинган. Кучли магнитлар анча катта ҳажмга эга. Шундай усул билан олинган энг катта машхур табиий магнит Эстониядаги Тарту қ. Университетида сакланган. Массаси 13 магнит 40 килограммгача юкни кўтара олади.

*Сунъий магнитлар – одамлар ўйлаб топган магнитлар.* Сунъий магнитнинг икки тури бор:

1) *электромагнитлар* – ферромагнит ўзакчаси бор ғалтаклар; 2) *доимий магнитлар* каттиқ магнитни ферромагнитлардан ясалган ёки турли материаллардан узоқ вақт магнит хоссасини саклай оладиган тузларнинг аралашмаларидан иборат.

### II Доимий магнитларни ясаш усуслари

Инглиз физиги Вильям Гильберт Ирландияда бўлганида темир устунларнинг магнит хоссаларини текширди. У қадимги устунларнинг барчаси доимий магнит хоссасига эга эканлигини пайқади, унинг устига устунларнинг пастки қисми мусбат кутбли бўлган. Австралияда бўлган саёҳатчилар темир устунларнинг мусбат кутби юқори томонида жойлашганлигини пайкашган. Текширувлар кўрсатгандай, меридиан бўйича жойлашган темир ўзакча вақт ўтиши билан магнитлар экан: жанубга қараган учи шимолий қутбли, қарама-қарши учи эса жанубий қутбли бўлади. *Шундай қилиб, магнит майдонига киритилган таркибида ферромагнетикли ҳар қандай жисм магнитга айланади.*

Агар мих ёки пўлат ўзакчани доимий магнит майдони куч чизиклари бўйлаб қўйилса ёки доимий магнит билан муносабатда бўлса, унда улар магнит хоссага эга. Бундай усул билан олиган магнитлар заиф бўлади. Кучли магнитни пўлат ўзакчани магнит билан бир йўналишда ишқалаганда олиш мумкин. Ишқаланиш усулида олинган сунъий магнитлар Англияда XVIII асрдан бошлаб олинади.

### III Сунъий магнитларни ишлаб чиқариш учун материаллар

XIX асрнинг охирига келиб магнитларни вольфрам қўшилган темирлардан ишлаб чиқарилди, бу сунъий магнитларнинг хоссаси 3 марта яхшиланди. Кобальтни қўшиш орқали яна 3 марта хоссаси ортди. Замонавий феррит магнитларни барий ёки стронций

феррити билан темир кислотасининг эритмасидан олинди (229-расм). Ушбу қотишма  $-30^{\circ}\text{C}$  ва  $270^{\circ}\text{C}$  температура оралигида магнит хоссаларини сақлаши мумкин.



229-расм. Ферритли магнитлар



230-расм. «Аль нико» эритмасидан ясалган магнитлар



231-расм. Самария магнитлар



232-расм. Неодим магнитлар

ХХ асрнинг бошида энг кучли магнитли эритма «аль нико» эритмаси бўлди, у аллюминий, никель ва кобальтдан иборат (230-расм). Альникодан ясалган магнитлар ёрдамида магнитнинг ўз оғирлигидан 500 марта гача ортиқ оғирлиқдаги темир моддаларни кўтариш мумкин бўлди. Магнит қуйиб ясаш технологиясини кукунга ўхшаш альникони бириктиришга алмаштириш орқали массаси ўз массасидан 4450 марта ортиқ жисмларни кўтара оладиган магнитлар ишлаб чиқдик. Алюминий, никель, кобальт қотишмаси асосида доимий магнитлар юқори температура барқарорлиги ва аниқлиги билан фарқланади, улар магнит хоссасини  $+550^{\circ}\text{C}$  температурагача сақлай олади.

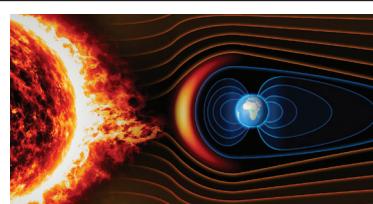
Самария билан кобальт қотишмасидан иборат Самарияли магнитлар чиришга, кислотага ва  $+350^{\circ}\text{C}$  температурагача бардош беради (231-расм).

1982 йили япон олимлари неодим магнитларни ихтиро қилди (232-расм). Улар энг кучли магнитлар деб тан олинди. Бор, темир ва неодим қотишмасидан ясалган магнитларнинг асосий хоссалари: магнит кучининг ўзгармаслиги, улар 10 йилда 1–2% гина



### Жавоби қандай?

1. Қуёш системасидаги қайси планеталар магнит майдонига эга?
2. Юлдузларнинг атрофида магнит майдонининг пайдо бўлиши сабаби нимада?
3. Яшашига қулай шароитларни сақлашда Ернинг магнит майдонининг ўрни қандай (233-расм)?
4. Нега омбордаги ётган пўлат йўлакчалар билан рельслар вакт ўтиши билан магнитланади?



233-расм. Ернинг магнит майдони

магнитсизлнади; юқори мустаҳкамликка эга; коррозияга чидамли.

## IV Электромагнит

1820 йили Х.Эрстед токли ўтказгичнинг атрофида магнит майдони бўлишини пайқади. 1825 йили британлик физик ва электротехник Уильям Стерджен биринчى электромагнитни ихтиро қилди. У тақасимон темир ўзакни мис сим билан ўраб чиқди, ундан кейин сим бўйича ток юбориб, темир магнит хоссага эга бўлишини кузатди. Токни узганда магнит хоссалар заифлашди, бироқ магнитланиш белгиси хали ҳам пайқалди. Қисқа туташув бўлмаслиги учун ўралган сим қисмлари бир-бирига тегмаслиги керак. Темир ўзакка қанчалик кўп сим ўралса, шунчалик магнит майдон кучли бўлди. Стерджен электромагнити темир бўлаклари билан тўқиз фунтга етадиган оғирликни кўтара олди.

1827 йили Д. Генри ғалтак ўрамларининг қисқа туташув муаммосини ечди, у мис симни ипак мато билан ўради-да темир ўзакни бир неча қават билан ўради. 1831 йил Д.Генри 1500 кг кўтара оладиган электромагнит курди.

## V Соленоид

Бир неча ўрамлари – соленоидлари бор ўровчилар кенг кўлланишга эга бўлди. Уларнинг узунлиги диаметридан бир неча марта катта  $l >> d$ . Соленоидлар ўровчилари бир қаватли ёки бир неча қаватли ўрамдан иборат мис симдан ясалади. Ўзакчалари магнит сингдирувчанлик коэффициенти катта бўлган турли материалдан темир, пўлат, феррит бўлиши мумкин.

### 1-топшириқ

235-расмда берилган компасни ясашнинг технологик процессини тузинг.



235-расм. Кўлда компас ясаш

### Эсда сақланг!

Зарб билан температуранинг тез ўзгариши доимий магнитнинг магнитсизланишига олиб келади. Кюри нуктасигача қиздирилганда магнит хоссалар тўлиқ йўқолади.

### Бу қизик!

Э.а.д. 1 минг йил Хитойда пайдо бўлган биринчи компас ёруғликнинг ҳаммаси тасвирланган мис варағи шаклида бўлди (234-расм). Магнитланган кўрсатгич Етти қароқчи юлдузлар туркумининг билдирадиган чўмич шаклида бўлди. Чўмич айлантирилади, чўмич тўхтаганда тутқич жанубни кўрсатган.



234-расм. Қадимиий Хитой компаси

### Эсда сақланг!

1 фунт = 0,454 кг

Ток ўтганда соленоид атрофида чизиқли магнитнинг магнит майдонидек майдон пайдо бўлади (236-расм). Куч чизиқлари чиққан учи соленоиднинг шимолий қутби бўлади, куч чизиқлари кирган учларии жанубий қутби бўлади. Соленоид кутблиги ундаги токнинг йўналишига боғлиқ. Соленоид ичидаги куч чизиқлари бир-бирига параллель, бу магнит майдони бир жинсли бўлишини аниқлайди.

Агар соленоид ичига пўлат бўлаги киритсак, бир неча вақтдан кейин магнит майдон таъсиридан у магнитланади. Бу усулдан доимий магнит ишлаб чиқариш учун фойдаланилади (237-расм).

## VI Бизнинг ҳаётимизда магнитлар

Ҳалқа, тақа формасидаги ферритли магнит ишлаб чиқаришда, кундалик ҳаётда, техника ва электроникада кенг қўлланилади. Уларни акустик система-ларда, генераторларда, ўзгармас ток двигателларида фойдаланилади. Автомобиль йиғишида ферритли магнитларни стартерга, ойна кўтаргичга, совитиш тизимида ва шамоллатгичга ўрнатилади.

Самария ва кобалт қотишмасидан ясалган кучли магнитлар агрессив муҳитга ва мураккаб холатларда фойдаланишга кулай бўлади. Самарияли магнитлар айланишга қарши хоссаси бўлганлиги туфайли космик аппаратларида, авиаация ва компьютер техникасида ишлатилади. Уларни электр двигателларда, генераторларда, кўтариш системасида қўлланилади.

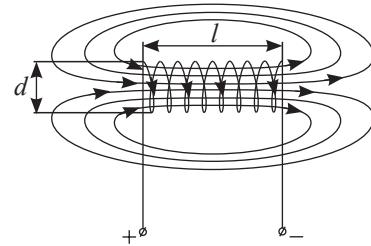
Кучли неодимий магнитлар саноатнинг ҳар соҳасида янги имкониятлар очишга ёрдам беради. Уларни электротехникида, медицинали асбобларда, унинг ичидаги магнит-резонанс томографларда, фильтрлар ва тозалаш курилмаларда қўлланилади.

### Ўз тажрибангиз

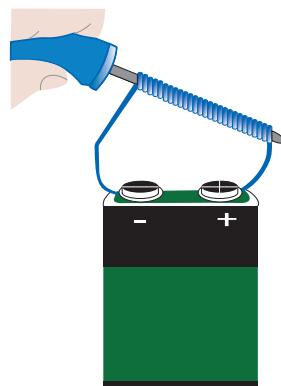
Электромагнит тузинг (237-расм).

Унинг ҳаракатини темир куқунлари билан магнит стрелкалари ёрдамида текширинг.

1. Ўнг кўйдаси ва магнит стерлкаси ёрдамида магнит кутбларини аниқланг.  
Ўрамдаги ток йўналишини алмаштиринг. Бу ҳолат ғалтак учидаги кутбга қандай таъсир кўрсатади?
2. Электромагнит таъсирига куйидаги ўзгаришлар қандай таъсир этишини аниқланг:
  - Ўрамдаги ток кучи,
  - ўрамлар сони,
  - ўзак артериалининг ўзгариши,
  - электромагнитнинг темир куқунларигача масофа.



236-расм. Соленоид ичидаги магнит майдони бир жинсли



237-расм. Соленоиднинг магнит майдонига киритилган мих доимий магнитга айланади.

### Эсингизга туширинг!

Агар ўнг қўлимизни соленоидга тўрт бармоғимиз ток йўналишини кўрсатадиган қилиб қўйсак, унда очилган бош бармоғимиз соленоиднинг шимолий қутбини кўрсатади.

### 2-тотширик

1. 236-расмдан соленоидни магнит майдони кутбларини аниқланг.
2. 237-расмга қаранг, доимий магнитларнинг кутблари тўғри тасвирланганлигини текширинг.

## VII Замонавий илмий магнитлар

Магнитларни замонавий фанларда кенг қўлланилади. Магнитли материаллар СВЧ-диапазонларида ишлаш учун, магнитли ёзмалар ва уларни тинглашда, магнитли хотира сақлаш қурилмаларни тузиш учун керак. Магнит стрикцияли конвертерлар денгиз чуқурлигини аниқлашга ёрдам беради. Жуда сезгир магнит элементлари бор магнитометрсиз жуда заиф магнит майдонини ўлчаш мумкин эмас. Магнитли дефектоскопия – практика ва назариянинг темир куймаларининг аралашмаси билан бўшлиқларини текширишга имкон берадиган ягона бўлим.

Магнетохимия – физик химиянинг магнитлар ва моддаларнинг химиявий хоссалари орасидаги боғлиқликни текширадиган бўлими; бундан ташқари магнетохимия химиявий процессларга магнит майдонининг таъсирини текширади. Магнит ва химиявий хоссаларнинг орасидаги боғлиқликни тешириш модда тузилишининг химиявий фарқини аниқлашга имкон беради.

### Назорат саволлари

1. Қандай магнитларни сунъий деб аталади?
2. Сунъий магнитнинг қандай икки тури бор ва улар қандай ясалади?
3. Соленоид деганимиз нима? Асосий тавсифлари қандай?
4. Магнитни қаерда қўлланилади?



### Машқ

29

1. Вертикаль магнит ўзига кичкина темир шарларни магнитдан кичкина шарга таъсир этадиган тортишиш кучини тенглаштирадигандек масофага тортади, шунинг учун у ҳавода таянчсиз осилади. Бундай мувозанат барқарор бўладими ёки бекарор бўладими? Агар биз кичкина шарни сал туширсак ёки юқорига кўтариб мувозанат ҳолатидан оғдирсак, шарнинг ҳаракати қандай бўлади?
2. Текис шиша юзасида темир куб шу шишада ётган магнитга тортилади. Куб шиша юзасида сирғанади. У қандай ҳаракатланади (текис, текис тезланинг ўсувлари ёки ўсувчи тезланиш билан)?

### Ижодий топшириқлар

Берилган мавзуларнинг бири бўйича ppt-презентация билан маълумот тайёрланг:

1. Куқунли металлургия – доимий магнитларни ясашнинг замонавий технологияси.
2. Компас турлари, уларнинг тузилиши ва таъсир этиш принципи.
3. Магнитстрикция – магнитланиш вақтида жисмнинг шакли ва ўлчамининг ўзариши.

## 13-бобнинг хуносаси

Токли ўтказгич магнит майдони индукцияси	Ўзаро таъсирилашиш кучлари	Модданинг магнит сингдирувчанлиги
Тўғри ўтказгич учун: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$	Ампер кучи: $F_A = BI \cdot l \sin \alpha$	$\mu = \frac{B}{B_0}$
Айланма ток учун: $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$	Лоренц кучи: $F_L = \frac{F_A}{N}$	Магнит доимийси: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{A^2}$
Соленоид учун: $B = \mu_0 nI$	$F_L = q_0 B v_{op} \sin \alpha$	
Майдоннинг суперпозиция принципи: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$		

### Қонунлар, қоидалар

#### Парма қоидаси

Агар парманинг илгариланма ҳаракати ўтказгичдаги ток йўналиши билан бўлса, унда дастанинг айланма ҳаракати магнит майдонининг куч чизиқарининг йўналишини кўрсатади.

#### Ўнг кўл қоидаси

Агар ўнг кўлимизни ғалтакка тўрт бармоғимиз ўрамлардаги ток йўналишини кўрсатадиган қилиб кўйсак, унда  $90^\circ$  очилган бош бармоғимиз магнит майдонининг йўналишини кўрсатади.

#### Ампер қонуни

Бир жинсли магнит майдонига жойлостирилган токли ўтказгичга магнит майдон индукциясига ва ток кучига пропорционал куч таъсир этади.

#### Чап кўл қоидаси

Агар чап кўлимизни индукция вектори кафтилизга кириб, тўрт бармоғимиз ток йўналишини кўрсатадиган қилиб кўйсак, унда  $90^\circ$  очилган бош бармоғимиз Ампер кучининг йўналишини кўрсатади.

### Глоссарий

**Ампер** – вакуумда бир-биридан бир метр масофада жойлашган, кичик кесимли икки параллел чексиз узун ўтказгичга  $2 \cdot 10^{-17}$  Н куч билан узунликнинг ҳар метрига ўзаро таъсирилашадиган ток кучининг қиймати

**Диамагнетиклар** – магнит сингдирувчанлиги  $\mu \leq 1$  бирлигидан кичик бўлган модда.

**Магнит майдони** – қўзғаладиган электр зарядига, ток ўтказувчиларига, магнит моментига эга жисмларга заряд тезлигининг векторига, ток кучи йўналишига боғлиқ куч билан ҳаракатланиши билан фарқланадиган материянинг тури.

**Магнит сингдирувчанлик** – моддадаги магнит майдонининг индукцияси вакуумдаги магнит майдони индукциясидан неча марта фарқ килишини кўрсатадиган физик катталик.

**Парамагнетиклар** – магнит сингдирувчанлиги  $\mu \geq 1$  бирлигидан катта бўладиган модда.

**Магнит майдон куч чизиклари** – ҳар бир нуқтада магнит индукция векторининг йўналишини кўрсатадиган чизиклар.

**Ампер кучи** – магнит майдонининг токли ўтказгичга таъсир этадиган куч.

**Лоренц кучи** – магнит майдони томонидан ичидағи харакатланётган зарядланган заррага таъсир этадиган куч.

**Ферромагнетиклар** – юқори магнит сингдирувчанликка эга моддалар.

14-БОБ

## ЭЛЕКТРОМАГНИТ ИНДУКЦИЯ

Электромагнит индукция ҳодисасини 1831 йил Майкл Фарадей очди. У электр токи билан магнит майдони орасида доимий боғлиқликни ўрнатди. XIX асрда электромагнит индукция қонунининг кашф этилишидан кейин электротехника ва радиотехника тез ривожлана бошлади. Электромагнит индукция ҳодисаси асосида электр энергиясининг индукция генераторлари ва трансформаторлари ишлаб чиқарилди, электр энергияси-ни узоқ масофаларга етказиш мумкин бўлди.

### Бўлимни ўқиб-ўрганиш орқали сизлар:

- магнит оқимини ўзгартирганда электр юритувчи кучнинг пайдо бўлишини тушунтира оласиз;
- электромагнит асбобларнинг (электромагнит реле, генератор, трансформатор) ишлаш принципини тушунтира оласиз;
- магнит-резонанс томографиясининг амалий мазмунини тушунтира оласиз.

## 31§. Электромагнит индукция қонуни

### Күтиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштирганданда:

- магнит оқимини ўзгартирганданда электр юритувчи кучнинг пайдо бўлишини ва Ленц қоидасини тушунтира оласиз.

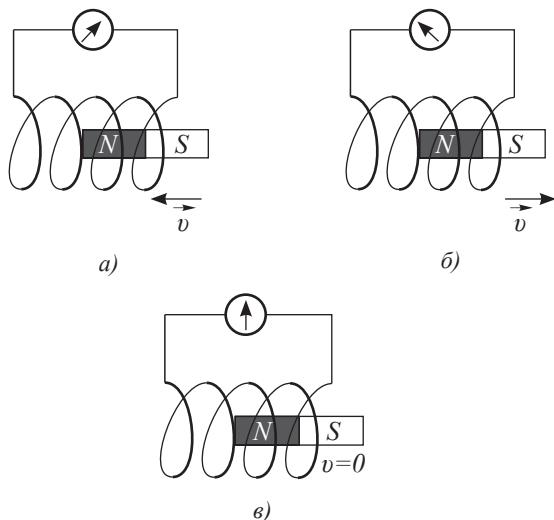
### I Электромагнит индукция ҳодисаси

Замонавий асбоблардан фойдаланиб, ёпиқ ўтказгичда қандай ҳолатда индукцион ток пайдо бўлишини тушунтириш қийин эмас. Гальванометрга уланган ғалтақдаги магнитни ҳаракатлантирсақ, гальванометр кўрсаткичининг ўзгарганлигини пайқашга бўлади, бу индукцион токнинг пайдо бўлганини билдиради (238 а-расм). Магнитни олган вактда кўрсаткич қарама-қарши йўналишга оғади, ўтказгичдаги ток ўзининг йўналишини ўзгартиради (238 б-расм). Агар магнит ғалтакка нисбатан ҳаракатланмаса, гальванометр кўрсаткичи нолни кўрсатади, ғалтақда ток бўлмайди (238 в-расм).



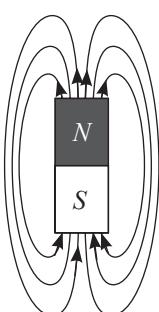
### Ўз тажрибангиз

238-расмда кўрсатилгандек ғалтак билан ва доимий магнит билан тажриба ўтказинг, шунингдек электромагнитни ҳам фойдаланинг. Тажрибадан олинган натижаларнинг якуни билан дарслидаги натижа билан солиштиринг.



238-расм. Индукцион токнинг кучи ва йўналиши магнитнинг ҳаракат тезлигига боғлиқ

Ғалтакка нисбатан магнитнинг кўчиши уни кесиб ўтадиган куч чизиқларининг сонини ўзгаришига олиб келади, магнитнинг яқин соҳада куч чизиқлари зичроқ бўлади (239-расм). Шунга кўра, агар ўтказгич ўзгарувчан магнит майдонда бўлсагина, унда индукцион ток пайдо бўлади.



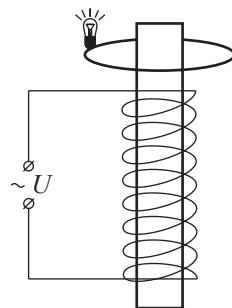
239-расм. Тўғри магнитнинг магнит майдони бир жинсли эмас

Ёпиқ ўтказгич контурини кесиб ўтадиган магнит оқимининг ўзгариши вақтида индукцион токнинг пайдо бўлиши ҳодисаси электромагнит индукция ҳодисаси деб аталади.

Үзгарувчан токли ғалтакка кам қувватли дампа ёпиқ контурни үрам билан контурнинг ўқлари бир чизикда ётадиган қилиб яқинлайтирамиз (240-расм). Лампа ёна бошлайди, шунинг билан үрам ва контурни бир-бирига нисбатан ҳаракатлантиришиň ҳожаты йүк.

Ёпиқ контурдаги электромагнит индукция ҳодисаси қуийидеги шартлар бажарылганда пайқалади:

- 1) агар үзгарувчан магнит майдонидаги контур, уни кесиб ўтадиган магнит майдонининг куч чизикларини сони үзгарарадиган бўлиб ҳаракатлансан;
- 2) агар контур үзгарувчан магнит майдонида тинчликда турса.



**240-расм.** Үзгарувчан магнит майдонида турган ёпиқ контурдаги индукцион токнинг пайдо бўлиши

### Эсада сақланг!

Үзгарувчан магнит майдонини турли усул билан олишга бўлади: доимий магнитнинг ўрнини алмаштириш орқали; электромагнитни үзгарувчан ток манбаига улаб, электромагнитли үзгармас ток манбани узиш ва қўшиш орқали.

## II Магнит оқими.

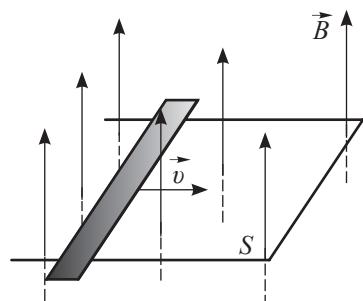
### Магнит оқимининг үзгартериш усуллари

Магнит майдонининг куч чизикларининг қўйилиши унинг куч тавсифини, яъни магнит индукциясини аниқлайди. Контурни кесиб ўтадиган магнит майдони чизикларининг сони магнит оқимини тавсифлайди.

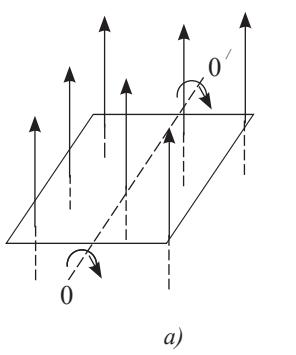
**Магнит оқими – магнит майдонида турган ёпиқ контурни кесиб ўтадиган магнит индукцияси чизикларининг сони.**

Контурни кесиб ўтадиган магнит оқими уч усул билан:

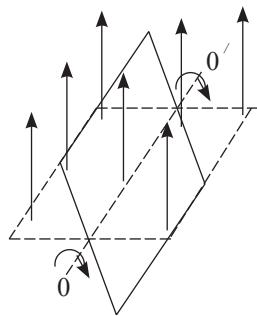
- 1) Юқорида айтилганда, майдоннинг магнит индукциясини камайтириш ва орттириш орқали;
- 2) Контурнинг юзасини үзгартериш орқали, ма-салан, рамканинг кўзгаладиган томонини үзгариши ёки ташки кучларнинг таъсиридан рамка шакли үзгариши (241-расм) орқали;
- 3) магнит майдонидаги контурнинг уни кесиб ўтадиган чизиклар сони үзгарарадиган қилиб айланиши (242 а, б-расм) орқали үзгартеришга бўлади.



**241-расм.** Юзани үзгартериб, ёпиқ контур орқали магнит оқимини үзгартриши



a)



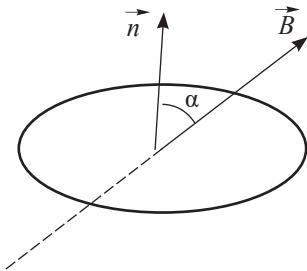
b)

**242-расм.** Рамканинг айланиши натижасидаги ётиқ контур орқали магнит оқимини ўзгартириши

Магнит оқимини ўзгартириш усулларига боғлиқ ҳолда уни хисоблаш формуласини ёзамиш:

$$\Phi = BS \cos \alpha, \quad (1)$$

бундаги  $\Phi$  – контурни кесиб ўтадиган магнит оқими,  $B$  – майдоннинг магнит индукцияси,  $S$  – рамканинг юзаси,  $\alpha$  – рамканинг юзига туширилган нормаль билан магнит индукцияси орасидаги бурчак (243-расм).



**243-расм.** Рамка текислигига туширилган нормаль магнит майдони вектори билан а бурчакни ҳосил қиласди

**Магнит оқими – контурни кесиб ўтадиган магнит майдон индукциясининг контур юзасига ва рамка юзасининг нормали билан магнит индукцияси векторининг орасидаги бурчак косинусига кўпайтмасига тенг физик катталиқ.**

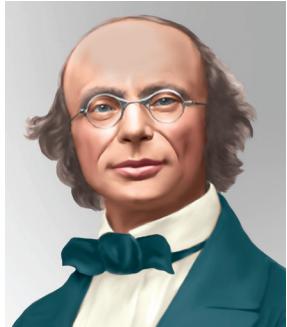
1) – формула бўйича:

$$\Phi = B_n S, \quad (2)$$

бундаги  $B_n = B \cos \alpha$  (3) – контур текислигига перпендикуляр  $\vec{B}$  векторининг ташкил этувчиси.

Магнит оқимининг ХБС ўлчов бирлиги 1 вебер, у электр ва магнит майдонлари тўғрисида кўп меҳнат қилган нимис физиги Вильгельм Вебернинг шарафига аталган.

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



**Вильгельм Эдуард Вебер** (1804–1891) – немис физиги. Вебернинг асосий ишлари электромагнетизмга, акустикага, иссиқлик ҳодисаларига, молекуляр физикага асосланган. 1840 йилдан бошлаб, Вебер электростатик ва магнит катталиклар ҳамда уларнинг орасидаги алоқа маълумотлари режаси билан ўргана бошлади. Унинг номи билан магнит оқимининг ўлчов бирлиги аталди.

### III Электромагнит индукция қонуни

Ёпиқ ўтказгич контурда индукцион токнинг пайдо бўлиши электр майдонининг маълум бир ток манбасиз пайдо бўлишини исботлайди. Бу майдон ўзгарувчан магнит майдонидан пайдо бўлади, унинг куч чизигининг боши ёки охирни бўлмайди. Бундай майдон уюрмали майдон деб аталади. Контурни кесиб ўтадиган магнит оқими қанчалик тез ўзгарса, унинг ЭЮК шунчалик катта бўлади:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \quad (3)$$

электромагнит индукция қонунининг қиймати шунда.

**Ўзгарувчан магнит майдонидан пайдо бўлган уюрмали майдон индукциясининг ЭЮК контур билан чегараланган юзадан ўтадиган магнит оқимининг бирлик вақтга нисбатига teng.**

Агар контур бир неча ўрамдан турса, унда ЭЮК  $N$  марта ўсади

$$\varepsilon_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \quad (4)$$

бундаги  $N$  – ўрам сони.

Қоидадаги минус белгиси уюрмали майдоннинг таъсирига учраган индукцион токнинг йўналишини аниқлайди.

### IV Ленц қоидаси

Гальванометрга ёпиқ ғалтак билан доимий магнитни ўзаро таъсири кўрилаётган ҳолатларда Ленц қоидасига тўғри таъсир этади.

**Контурдаги индукцион ток ҳар доим ўзининг магнит майдони билан ўзи ҳосил қилган магнит оқимининг ўзгаришига қаршилик кўрсатадигандай бўлиб йўналади.**

Индукцион токнинг йўналишини аниқлаш учун Ленц қоидасини кўллашда, қуйидаги алгоритмдан фойдаланиш керак:

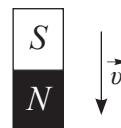
1. Ёпиқ контурнинг ташки майдони магнит индукциясининг  $\vec{B}$  йўналишини аниқлаш керак.
2. Контурни кесиб ўтадиган магнит индукциясининг оқими ортадими, камаядими шуни аниқлаш керак.
3. Ленц қоидасига мос индукцион ток ҳосил қилган майдоннинг  $\vec{B}_i$  магнит индукция чизиқларининг йўналишини аниқлаш керак.

#### Жавоби қандай?

1.  $\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  электромагнит индукция қонунидаги «–» белгиси нега кўйилган?
2. Нега компас корпуси латундан ясалса, унинг стрелкасининг тебраниши тез, пластмассадан ясалса, секин тўхтайди?
3. Нега қулаётган ўтказгич ҳалқа тўғри магнитга яқинлаштирганда ўз ҳаракатини секинлаштиради? Агар ҳалқа ёпиқ бўлмаса, нега секинлашиш пайқалмайди?

#### Топшириқ

Алгоритмдан фойдаланиб, 244-расмда кўрсатилган ёпиқ ўтказгич контуридаги индукцион токнинг йўналишини аниқланг. Доимий магнит контурга яқин боради.



244-расм. Топшириқча

- агар оқим ортса ( $\Delta\Phi > 0$ ), унда индукцион майдоннинг чизиқлари ташки майдоннинг магнит индукцияси чизиқларига қарама-қарши йўналади ( $\vec{B}_i \uparrow\downarrow \vec{B}$ );
  - агар оқим камайса ( $\Delta\Phi < 0$ ), унда индукцион токнинг ва магнит индукциясининг чизиқлари бир йўналишда бўлиши керак ( $\vec{B}_i \uparrow\uparrow \vec{B}$ ).
4.  $\vec{B}_i$  векторининг йўналиши бўйича парма қоидасидан фойдаланиб,  $I_i$  индукцион токнинг йўналишини аниқланг.

Магнит индукцияси векторининг ва индукцион токнинг йўналишини аниқлагандан сўнг, Ленц қоидаси энергиянинг сақланиш қонунига бўйсунишини пайқаш қийин эмас.

### Эсингизга туширинг!

Агар парманинг илгариланма ҳаракати билан ўтказгичдаги ток йўналиши билан бўлса, унда дастанинг айланма ҳаракати магнит майдонидаги куч чизиқларининг йўналишини кўрсатади. Агар ўтказгич контурни ўнг кафтишимизга тўрт бармоғимиз унданги токнинг йўналишини кўрсатадиган қилиб олсан, унда бош бармоқ контур ичидаги магнит майдонининг куч чизиқлари йўналишини кўрсатадиган бўлади.

## МАСАЛА ЕЧИШ НАМУНАЛАРИ

Ёпик тўғри бурчакли контур токли ўтказгичнинг текислигига ётиби. Ўказгичдаги ток кучи ортади. Контурдаги индукцион токнинг йўналиши ва контурга таъсир этадиган Ампер кучини аниқланг.

### Ечилиши

Масалани ечиш учун индукцион токнинг йўналишини аниқлаш алгоритмини Ленц қоидаси бўйича кўлланамиз.

1. *Ташки майдондаги магнит индукциясининг  $\vec{B}$  йўналишини ўрнатамиз.*

Токли ўтказгич ташки майдонни юзага келтиради. Контур ичидаги магнит майдонининг чизиқлари рамканинг текислигига перпендикуляр ва бизга қарама-қарши йўналишда йўналган (*расмга қаранг*).

2. *Рамкани кесиб ўтадиган магнит индукцияси оқимининг камайишини ёки ортишини аниқлаймиз.*

Масаланинг берилиши бўйича ток кучи ортади, у оқимнинг ортишига олиб келади  $\Delta\Phi > 0$ .

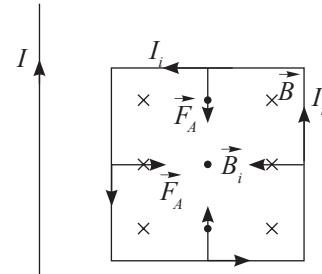
3. *Ленц қоидасига мос индукцион ток ҳосил қилган  $\vec{B}_i$  магнит индукцияси майдоннинг чизиқларининг йўналишини аниқлаймиз.*

$\Delta\Phi > 0$ , мос равишида,  $\vec{B}_i$  ташки майдонинг магнит индукцияси векторига қарама-қарши йўналади  $\vec{B}_i \uparrow\downarrow \vec{B}$ .  $\vec{B}_i$  векторини чизамиз, рамка текислигига перпендикуляр юқорига йўналган расмдаги ориентир нуқта сифатида.

4.  *$\vec{B}_i$  векторининг йўналиши бўйича парма қоидасидан фойдаланиб,  $I_i$  индукцион токнинг йўналишини аниқлаймиз.*

Индукцион ток соат стрелкасига қарама-қарши йўналган.

Рамканинг томонларига таъсир этадиган Ампер кучининг йўналишини чап қўл қоидаси билан аниқлаймиз. Ампер кучи ортиб келаётган магнит оқимини камайтиришга ҳаракат қилиб, рамкани сикади.



## Назорат саволлари

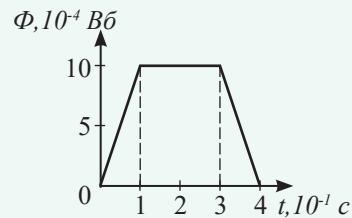
1. Электромагнит индукция ҳодисасининг моҳияти нимада?
2. Қандай шарт пайтида ёпик ўтказгич контурида индукцион ток пайдо бўлади?
3. Магнит оқими нимани тавсифлайди?
4. Қандай майдонни уюрмали майдон дейилади?
5. Электромагнит индукция қонунининг моҳияти нимада?
6. Ленц қоидаси бўйича нимани аниқлаймиз?



Машқ

30

1. Симдан ясалган ҳалқа индукцияси  $B = 0,5$  Тл бир жинсли магнит майдонда текислиги шу майдон куч чизиқларига  $\alpha = 30^\circ$  бурчакда жойлашган. Шу билан бирга ҳалқадан ўтадиган магнит оқими  $\Phi = 24$  Вб. Ҳалқанинг радиусини аниқланг.
2. Ўрам сони  $N = 400$  соленоиддаги индукция ЭЮК  $\varepsilon_1 = 100$  В бўлган вақтдаги магнит оқими тезлигининг ўзгаришини аниқланг.
3. Фалтакни кесиб ўтадиган магнит оқими вақтнинг ўтишига қараб 245-расмдагидек ўзгаради. Фалтақдаги индукция ЭЮК-нинг ўзгариш графигини чизинг. Агар фалтақда 400 ўрам бўлса, индукция ЭЮК-нинг максимал қиймати қанча бўлади?



245-расм . 31-машқнинг  
3-масаласига

## 32§. Электромагнит асбоблар

### Кутиладиган натижа

Бу параграфни ўзлаштирганды:

- Электромагнит қурилмаларнинг (генератор, трансформатор, электромагнитик реле) ишилаш принципини тушунтира опасиз.
- электромагнит индукциянинг пайдо бўлиши, индукцион ток генератори, трансформаторлар ва электромагнит реле каби асбобларга асосланган.



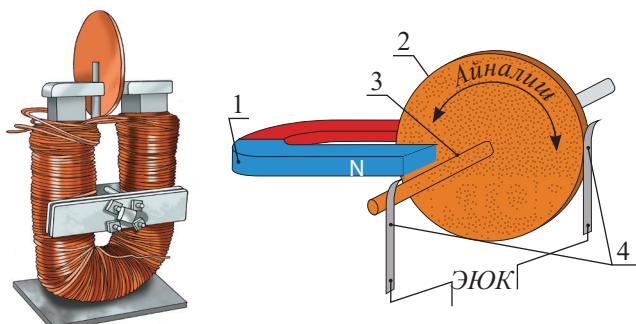
### 1-топширик

Сўзларнинг маъносини тушунтиринг:

- бир неча қутбли;
- электромагнит генератор

### I Биринчи электромагнит генератор

Энг биринчи бир неча қутбли электромагнит генераторни 1831 йил Лондан Қироллик институтининг профессори М.Фарадей ясаган (246-расм). Генератор тақасимон шаклда электромагнитдан ва магнит қутбларнинг орасида айланадиган мис дискдан иборат. Ўқ билан диск айланганда уларнинг орасида ЭЮК пайдо бўлади. Фарадей генераторининг модели 247-расмда кўрсатилган.



246-расм.

1831 й. Фарадей генератори

247-расм. Фарадейнинг электромагнит генераторининг модели:

1. Магнит;
2. Айланадиган мис диск;
3. Диск ўқи;
4. Чёткалар



### Жавоби қандай?

Нега Фарадей генератори ўқ билан дискнинг орасида индукцияланади?

Магнит майдонида зарядланган зарраларга қандай куч таъсир этади?



248-расм. 4ГПЭМ 55 Ўзгармас ток генератори

### II Индукцион ток генератори

Замонавий энергетикада ўзгармас ва ўзгарувчан токнинг индукцион генератори қўлланилади (248, 249-расм).



### Жавоби қандай?

1. Саноат тармоқларида электромагнит ток қандай пайдо бўлади?
2. Турли қувватли қурилмалар нега бир тармоқга уланади?
3. Электр занжирларини автоматик бошқариш қандай амалга оширилади?
4. Электромагнит индукция ҳодисаси деганимиз нима?
5. Нега электромагнит бўладиган статордаги қуввати паст генераторда магнит майдони пайдо бўлади, ротор ўрами қисқичларига эса потенциаллар айримаси берилади?



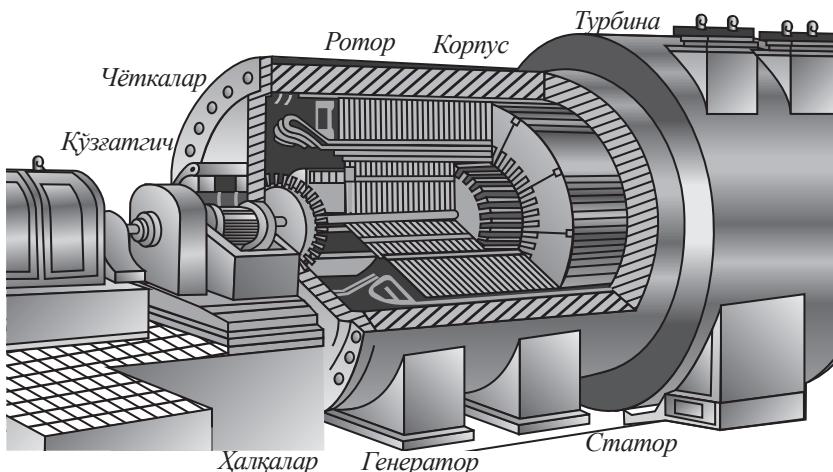
**249-расм.** Электростанциянинг машина зали.  
Буг генератори.

Генератор ротор ва статордан иборат. Ишлаб чиқаришдаги генераторларда электромагнит бўлган ротор магнит майдонини ҳосил киласди, статорнинг ўрамларида ЭЮК пайдо бўлади (250-расм). Роторни кучланиш билан таъминлаш учун контакт ҳалқалари ва чёткалардан фойдаланилади.

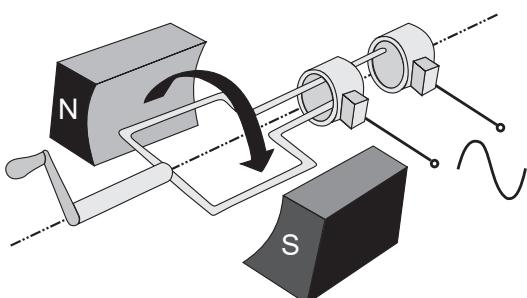


### Жавоби қандай?

1. Нима сабабдан ўзгармас ток генераторларида ярми ҳалқа, ўзгарувчан ток генераторларида ҳалқа қўлланилади?
2. Ротор билан статор орасидаги ўрамлар нега бир-бираiga боғланган рамаларда бўлади?
3. Саноатда ток частотасини ўзгартирмасдан, ротор тезлигини қандай ўзгартиришига бўлади?
4. Қандай қонун индукцион ток генератори кучининг асоси бўлиб топилади?



**250-расм.** Саноатда ўзгарувчан ток генераторларининг занжир диаграммаси



**251-расм.** Ўзгарувчан ток генераторининг модели



### 2-топширик

251-расмда генераторнинг кесими моделини қаранг. Генераторнинг асосий қисмларини атанг. Унинг ишлаш принципини тушунтиринг.

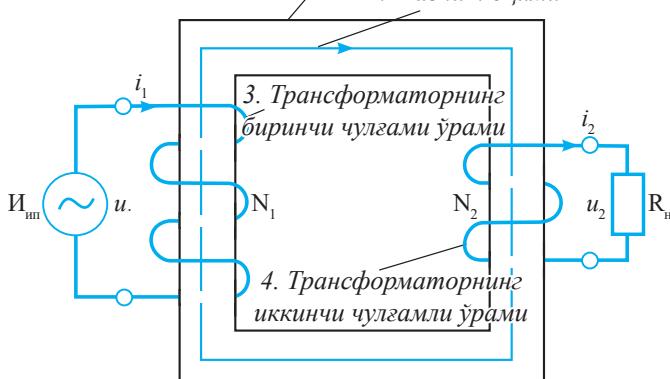
### III Трансформатор

Трансформатор – ўтказгичдаги ўзгаруувчан токни ўзгартирадын курилма (252-расм). У қуваттни йүқтотмай кучланишни ортириш ёки камайтириш учун фойдаланылади. Электр станциялардаги куч трансформаторлари кучланиши 1150 кВ гача етадиган юқори электр энергиясини узок масофаларга етказиш учун құлланилади. Истеъмол ўринларида кучланиш камаяди (253-расм).

Трансформатор магнитли сим (2) ва икки чулғамдан иборат: бирламчи (3) ва иккиламчи (4) (254-расм). Бирламчи чулғамга генератордан (1) электр энергияси берилади, иккиламчи чулғамга истеъмолчилар (5) уланади. Магнитли ўзакни электротехник пўлатдан ясалади. Магнит оқими трансформаторнинг чулғамларига кириб, иккиламчи чулғамда ЭЮК индукциясини туғдираади. Чулғамдаги магнит оқими нинг ўзгариши фазада юради,  $\Phi = BS\cos\theta$ , шунинг учун бирламчи ва иккиламчи чулғамлардаги ЭЮК индукциясининг нисбати чулғамлардаги ўрамлар сочининг нисбатига тенг:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1)$$

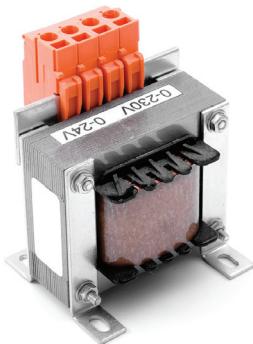
1. Магнитли сим      2. Магнит оқими  $\Phi$



254-расм. Трансформаторнинг занжир диаграммаси

Агар бирламчи чулғамдаги ўрамлар сони иккинчиисидан күп бўлса,  $N_1 > N_2$ , ўндай трансформатор пасайтирувчи деб аталади. Трансформациялаш коэффициенти  $k = \frac{N_1}{N_2} > 1$ . Агар  $N_1 < N_2$  бўлса, трансфор-

матор кучайтирувчи деб аталади. Трансформациялаш коэффициенти  $k > 1$ . Трансформациялашнинг коэффициентини ўрамдаги ЭЮК индукциясининг нисбати каби (1) формула асосида аниклашга бўлади. Агар



252-расм. Трансформатор



253-расм. Станция олдидағы куч трансформатори.

#### 3-топшириқ

1. Чулғамдаги ток кучининг қуввати тенг  $P_1 = P_2$  деб ҳисоблаб, бу тенгликнинг түғрилигини исботланг:

$$k = \frac{I_2}{I_1}.$$

2. Джоуль-Ленц қонунини фойдаланиб,

$$Q = I^2 R t$$

кучланиш юқори электр тармоқларидан электр энергиясининг истеъмоли кучланиши паст электр тармоқларига қараганда оз бўлишини иботланг.

трансформаторларнинг чулғамларидағи йўқотишни хисобга олмасак, трансформациялаш коеффициенти трансформаторнинг кириши билан чиқишидаги кучланишларнинг нисбатига тенг:

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_1}{U_2}. \quad (2)$$

Трансформаторларнинг фойдалы иш коеффициенти 98%-га етади. Ўрамдаги токнинг қувват ўзгармайди деб ўйласак, трансформациялаш коеффициенти бундай нисбаттаға тенг:

$$k = \frac{I_1}{I_2}$$

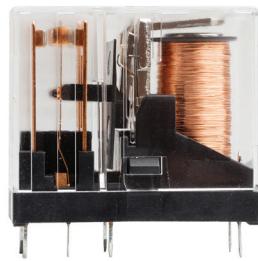
$I_1$  – бирламчи чулғамдаги ток кучи,

$I_2$  – иккиламчи чулғамдаги ток кучи.

$$k = \frac{I_2}{I_1},$$

$I_1$  – бирламчи чулғамдаги ток кучи,

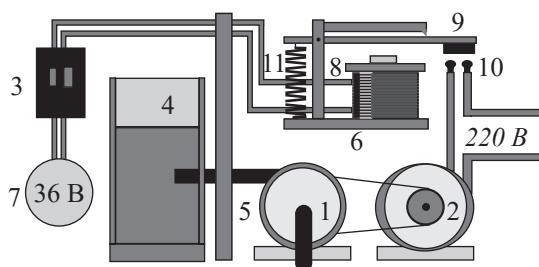
$I_2$  – иккиламчи чулғамдаги ток кучи.



255-расм. Электромагнит реле

#### IV Электромагнит реле

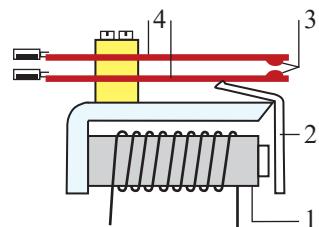
Электромагнит реле – катта қувватли занжирни бошқариш учун кўлланиладиган қурилма (255-расм). Реле электромагнит билан якордан иборат (256-расм). Токнинг электромагнит чулғамига (1) берилиши пайтида у якорни (2) торгади, кучли занжирнинг контактлари (3) уланади. 257-расмда бассейнни сув билан таъминлаш (ўз ҳолатини тиклаш) занжир диаграммаси кўрсатилган.



257-расм. Бассейнни сув билан таъминлаши.

- 1 – насос, 2 – электр двигатель, 3 – сүндиригич, 4 – бассейн, 5 – бўлма, 6 – реле, 7 – ток манбаи, 8 – электромагнит, 9 – пўлат пластина, 10 – контакт, 11 – пружина

Саноатда ва электр энергиясини узатиш соҳаларида электромагнит реле кенг тарқалган. Юқори волтли тармоқларнинг релели химояланиши станцияларнинг оғатсиз иш тартибини таъминлайди. Ҳозирги вактда реленинг электромагнит тури кенг бошқариладиган системаларда, конвейер



256-расм. Электромагнит реленинг занжир чизмаси

#### Бу қизиқ!

Ҳозирги замонги ярим ўтказгич элементларидан қурилган элеваторнинг ҳар доим конвейер система-ларни бошқариш системаси ишдан чиқиб қоларди. Унинг сабаби – конвейер лентаси билан доннинг ҳаракати вақтида пайдо бўлган статик ток. Бошқариш пульти бошқа хонага алмаштирилиб, унга реле қўшилган пайтда масала ёчилиди.

тартмокларида, юқори қувватли электр двигателларини аста-секин ишга тушириш учун конденсаторлы курилмаларда кенг фойдаланилди.

Бошқариш релеси турли турмуш техника турларида, масалан: совуткичлар, кир ювадиган машиналарда қўлланилади.

### Назорат саволлари

1. Электромагнит индукция ҳодисасининг моҳияти нимада?
2. Индукцион ток генераторининг ишлаш принципини тушунтириңг.
3. Ўзгарувчан токнинг индукцион генераторининг ўзгармас ток индукцион генераторидан қандай фарқи бор?
4. Трансформатор нима учун керак?
5. Трансформаторнинг ишлаш принципини тушунтириңг.
6. Электромагнит реле нимадан иборат? Унинг ишлаш принципи қандай?



### Машқ

31

1. Агар бирламчи чулғамни ўзгармас ток манбаига уланса, нима бўлади?
2. Агар трансформаторнинг 3500 ўрами бор иккинчи чулғамидаги кучланиш 105 В бўлса, 1000 ўрами бор биринчи чулғамидаги кучланишни аниқланг.
3. Трансформаторнинг 840 ўрамли биринчи чулғамида кучланишни 220 В-дан 660 В-га ортириди. Трансформациялаш нисбати қандай? Иккинчи чулғамдаги ўрамлар сонини аниқланг.
4. Трансформатор истеъмол қиласиган қувват 90 В. Иккинчи чулғамдаги кучланиш 12 В, трансформаторнинг ФИК 75% бўлса, иккинчи чулғамдаги ток кучини аниқланг.

### Ижодий топшириқлар

1. Маълумот тайёрланг(хоҳишига кўра):
  - Генераторнинг яратилиш тарихи
  - Трансформатор турлари ва уларнинг қўлланилиши.
2. Электромагнит релени юқори қувватли занжир билан бошқариш схемасини ўйлаб кўриб, схемасини чизиб кўрсатинг.

## 33§. Магнит-резонанс томографияси

### Күтиладиган натыжа

Бу параграфни ўзлаштырганда:

- магнит-резонанс томографиясининг моҳиятини тушунтира оласиз.



### Жавоби қандай?

- Нега флюорография ва рентгентга қараганда МРТ-ни қисқа вакт ичидә бир неча марта ўтказишига бўлади?
- Нега МРТ текширишининг аниқлиги бошқа усулга қараганда юкори бўлади?



### Эсада сақланг!

ЯМР спектроскопияси XX асрнинг 40-йилларининг ўртасида молекулаларнинг хоссаларини текширадиган усул сифатида пайдо бўлди. У 1950 йилларнинг ўртасига келиб органик бирикмаларни ўрганишнинг асосий усули бўлиб танилди. Кейинроқ ноорганик бирикмаларни текшириш учун кенг фойдаланилди.

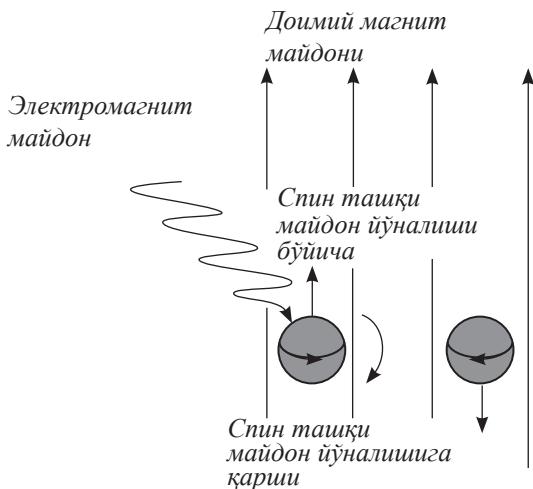


### Топшириқ

ЯМР қурилмасининг чизмасига қараб, унинг ишлаш принципини тушунтиринг.

### I Ядрорезонанс (ЯМР)

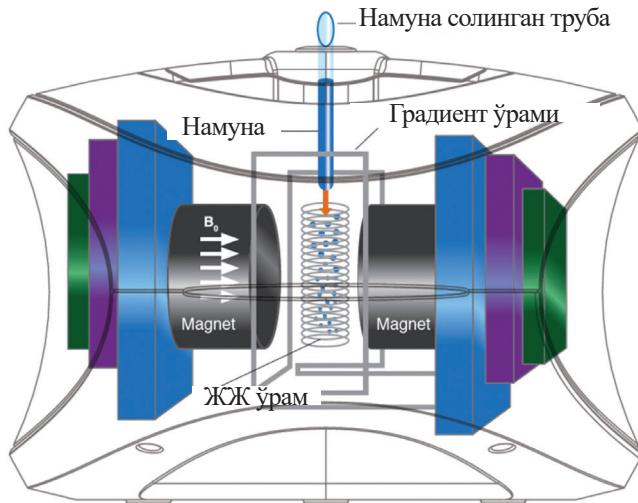
Протонлар мен нейтронлардан иборат ядроларнинг ўз магнит моменти бор, сабаби барча оддий заралар квант назарияга мос спинга-магнит моментга эга. Агар ташки магнит майдони йўқ бўлса, унда ядроларнинг магнит моменти хотекис йўналишида. Доимий магнит майдонидаги битта протондан иборат водород ядроши ўзининг фазовий йўналишини факат икки йўналишдагина ўзгартиради (258-расм).



258-расм. Ташки доимий магнит майдондаги протон спинининг айланиси

Бу икки ядро ҳолати энергия қўймати билан фарқланади, бу ҳолатда протон тўсатдан бир турдан иккинчи турга ўта олади. Кўчиш энергетик квантни чиқариш ёки ютиш орқали юради. Агар протоннинг магнит моменти ташки майдонига қарама-қарши ёқка йўналган бўлса, унда унинг энергияси катта бўлади. Агар электромагнит майдоннинг кўшимча квант энергияси икки ҳолатда протон энергияси орасидаги фарқقا тенг бўлса, юкори энергия билан кўчишга ўтиши мумкин бўлади. Кўшимча квантли энергияни тарқатадиган майдон градиент частотаси деб аталади, у квантларнинг частотаси *резонанс частота* деб аталади.

Протон йўналишидаги ўзгаришлар нурланадиган электромагнит майдоннинг квантларини резонанс тезлиги билан бирга юради. Бу ҳодиса ЯМР деб аталади. 259-расмда ЯМР қурилмасини ишга тушириш схемаси берилган.



259-расм. ЯМР қурилмаси

ЯМР физикада, химияда ва қаттיק моддалар билан мураккаб молекулаларнинг тузилишини текшириш учун биохимияда кенг қўлланилади. Медицинада ЯМР ёрдамида одамнинг ички органларининг тасвири олинади.

## II Магнит-резонанс томография тарихи

Бруклин тиббиёт марказининг врачи ва эксперименти Рэймонд Дамадианнинг айтиши бўйича, ядро магнит резонанснинг кўринишида хавфли ўсимталарнинг соғлом тўқималардан фарқ қиласди, сабаби ўсимталарда сув кўп. Сув кўп бўлса, водород атомлари ҳам кўп. Магнит-резонанс томографияси қурилмасини учиргандан кейин, хавфли ўсимталаридаги радио тўлқинларнинг қолдик тебранишлари соғтанага қараганда узокроқ юради. Уни врач-аспирантлар Майкл Голдсмит ва Ларри Минковпен бирга биринчи МРТ қурилмасини тайёрлашган. 1977 йил беш соат ичida биринчи бўлиб одам танасини сканерлаш амалга оширилди, 1978 йил биринчи марта сут безларида хавфли ўсимтаси бор касални сканери олинди. МРТ аппарати тез ривожланди. 1980 йил олим Эдельштейн ва унинг ҳамкорлари одам танасининг тасвирини кўрсатган, улар 5 минутда туширишга муваффақ бўлган. 1986 йил кўрсатиш узоқлиги, тасвир сифатини ўзгартирасдан, 5 секундга қисқартирилди. 1988 йил Думоулин МРТ-ангиография усулини ривожлантириб, контраст агентларидан фойдаланмасдан, қон айланишининг кўринишини олди. 1989



### Эсада сақланг!

Водороднинг ЯМР-билинг текшириш вақтидаги ҳолат-намунасининг электромагнит тўлқинлар билан нурланиш частотаси:

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h},$$

$E_1$  – ядронинг кичик энергияли ҳолати,

$E_2$  – ядронинг катта энергияли ҳолати.



### Жавоби қандай?

Нега турли ядроларнинг ЯМР-спектрлари фарқланади?



### Жавоби қандай?

Нега турли ядроларнинг ЯМР-спектрлари бир-бирдан бошқача бўлади?

йил планарли томография усули тавсия қилинди, у миянинг қўзғалиши ва ўйлаш функциясига жавоб берадиган қисмларини кўриш учун ишлатилади.

### III МРТ ишлаш принципи, МРТ диагностик усули сифати афзалликлари

Магнитт-резонанс томографияси – ядровий магнит резонанс принципи қўлланиладиган одам танасининг тўқималари билан органлари тасвиранадиган медицина диагностик усул. МРТ одам аъзосининг ҳар қандай қисмининг нотўғри тасвирини ҳар қандай бурчакка ва йўналишда бера олади. МРТ электромагнит майдон орқали одам аъзолари ва тўқималарининг тасвирини олишга мумкин бўлади. Протонлар тана тўқималарини магнит хоссалари-нинг асосий элементи бўлади. МРТ одам аъзосида доимий магнитланган ҳолда шаклланади. Одам танаси доимий магнит майдонида бўлган вактда, танани радио тўлқинлар қўзгайди, бу протонларнинг доимий йўналишини ўзгартиради. Радио тўлқинларнинг етказишини тўхтатгандан кейин, МРТ аъзодаги электромагнит нурланишни аниқлайди. Олинган сигнал компьютерда ахборотни ишлов бериш орқали тананинг ички расмини ясаш учун қўлланилади. *260 ва 261-расмларда* МРТ компьютерида олинган расмлар кўрсатилган.

МРТ тасвири фотографик эмас, бу – одам аъзоси чиқарадиган радио сигналларни компьютерлаштирилган тасвири. МРТ имкониятлари бўйича компьютерли томографиядан ошади, сабаби компьютерли томографиядагидай ионловчи нурланиш қўлланилмайди. Унинг ишлаш принципи зиёнсиз электромагнит тўлқинларни қўллашга асосланган.

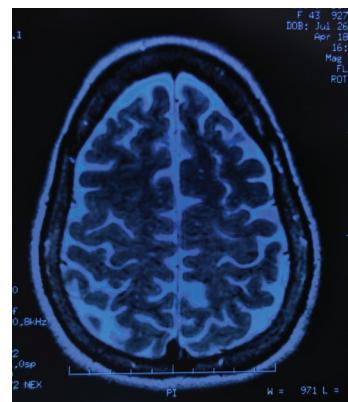
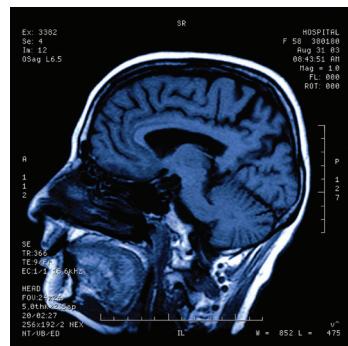
Хозирги вактда МРТ медицинанинг хусусий соҳасига айланди. Бу ҳолда ташхисни тасаввур килиш қийин бўлди. МРТ – хавфсиз тадқиқот усули. У оғир касалликлар ва патологияларни ривожлашишининг дастлабки босқичларида аниқланади.

#### ✓ Эсада сақланг!

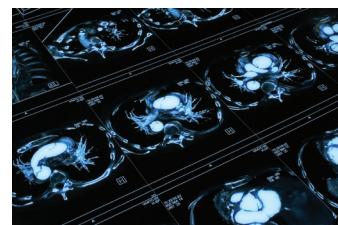
Магнит-резонанс томографияси – ядровий магнитли резонансни фойдаланиб, одамнинг ички органлари ва тўқималарини текшириш усули. Бу усул юқори кучланишдаги доимий магнит майдонининг кучайган градиенти электромагнит майдонга атом ядроларнинг электромагнит текширишнинг жавобига асосланган.

#### 1-топширик

Дарсликдаги текст ва интернет тармоғидаги маълумотлардан фойдаланиб, ЯМР ва текшириш ҳамда МРТ қурилмасининг пайдо бўлиш хронологиясини қуринг.

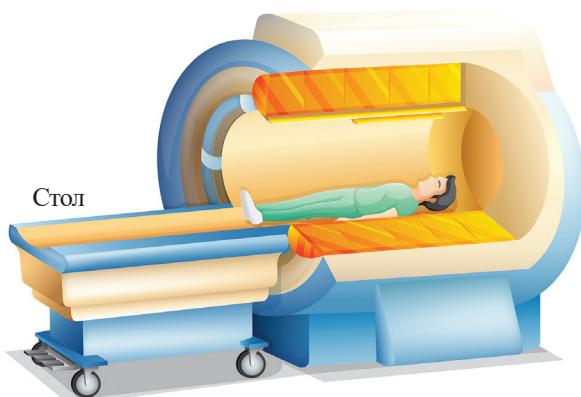


*260-расм.* МРТ компьютери-нинг экранида миянинг сурати



*261-расм.* МРТ технологияси-дан фойдаланиб, юракнинг ишини кузатиш

Ундаи касалликларга ўсимталарнинг пайдо бўлиши, томир касалликлари, юракнинг миянинг функциялари, ички органлар, умуртқаларнинг ўзгариши, орқа мия касаллиги, остеохондроз, синиқлар, бошқа жароҳатлар, яллигланиш ва юкумли процесслар киради. Шу билан бирга томография аъзолар ва тўқималарнинг тузилишини аниқлашга имкон беради, мия, ошқозон суюқлиги, қоннинг тезлигини ўлчайди, тўқималарлаги диффузия даражасини баҳолайди. Кортексиянинг шу қисмига жавоб берадиган аъзоларнинг ишлаш вақтида мия қобигининг активлигини аниқлаш. Функционал МРТ 90-йилларнинг бошидан бошлаб мия процессларини визуализациялаш соҳасида муҳим роль ўйнади.



*262-расм. Томограф қурилмаси*

#### **IV Магнит майдонининг қуввати ва суратнинг сифатига таъсир этадиган факторлар**

Энг биринчи томографистларнинг магнит майдонининг индукцияси 0,005 Тл бўлди, бироқ ундаги суратларнинг сифати паст бўлди. Ҳозирги замондагитомографистларнинг магнит майдонининг манбаси кучли. Шундай манбалар сифатида электромагнитлар фойдаланилади. Улар ҳосил қиласидан майдоннинг магнит индукцияси 0,7 Тл-дан 3 Тл-гача етади. Доимий магнит майдонларининг магнит индукцияси 0,7 Тл-гача етади. МРТ ускуналарида магнит индукцияси 1 Тл-дан паст бўлса, кичик ёнбош ва ички органларнинг томографиясини олиш мумкин эмас, чунки уларнинг қуввати жуда заиф. Кучланганлиги 1 Тл-дан паст майдонни МРТ аппаратларида оддий сифатда суратга олиб, факат бош, орқа мия

#### **2-топшириқ**

262-расмдаги томограф ва 259-расмдаги ЯМР қурилмасини солиштиринг. Уларнинг фарқлари билан ўхшалиги қандай?

#### **Эсада сақланг!**

Клиник тажрибада қувватига қараб аппаратлар учун куйидаги градатациялар қўлланилади:

**Паст майдон:** 0,1 Тл-дан 0,5 Тл-гача;

**ўрта майдон:** 0,5 Тл-дан 0,9 Тл-гача;

**юкори майдон:** 1 Тл ва ундан юкори;

**ўта юкори майдон:** 3,0 Тл ва 7,0 Тл.

#### **Бу қизиқ!**

Жониворларга МРТ ўтказиш одамларга қараганда анча қиммат. Бу жониворлар учун умумий анестезия билан боғлиқ (263-расм). Одамни текшириш 15 минут вақтни олса, жониворларда 40–60 минутни олади. МР томограммаларда текширадиган жониворлар томографлари билан врачларнинг сони кам.



*263-расм. Арслонни томографиядан ўтказилиши*

ва сүякларни текшириш ишларини олиб боришга бўлади. Бироқ доимий магнитлар МРТ-нинг туннелли (ёпик) турини ясашга нафақат йўл бериб қолмай, бундан ташқари очиқ турини ясашга имкон беради. Очиқ томография ҳаракатдаги ва тик турган касални текширишга ва текшириш вактида врачларнинг касал билан алоқа қилишга имкон беради. Касални вертикаль ҳолатда ва ўтирган пайтида текширишга имкон берадиган янги қурилмалар пайдо бўлди.

МРТ сифати фақат майдоннинг кучланганилигига боғлиқ эмас, бундан ташқари градиент фалтагини танлашга, контрастдан фойдаланишга, текшириш параметрларига, олинган суратни баҳолайдиган ва патологиянинг бор йўгини аниқлайдиган мутахассиснинг тажрибасига боғлиқ. Вена томири орқали контраст препаратни (гадолиний) киритиш МРТ текширишларида тез-тез қўлланилади. Ҳозирги вактда МРТ қурилмаларида 0,1 Тл-дан 3,0 Тл-гача етадиган майдон қуввати фойдаланилади.

Даволаш ва ташхис қўйиш учун диагностика вактида яхши қўриниш жуда муҳимdir. Магнит-резонанс томографияси шу талабга мос бўлганидан, медицинада жуда зарур ва самарали бўлади.

### **Назорат саволлари:**

1. ЯМР ҳодисасининг моҳияти нимада?
2. Томографнинг ишлаш принципини тушунтириңг.
3. МРТ сифатига магнит индукциясидан бошқа қандай параметрлар таъсир этади?

### **Ижодий топшириқлар**

Қуйидаги мавзуларга маълумот тайёрланг (ҳоҳишига кўра).

- 1) Функционал МРТ;
- 2) Томографларнинг замонавий моделлари;
- 3) ЯМР кашф этилиш тарихи;
- 4) Диагностика усули сифатида МРТ афзалликлари ва камчиликлари.

## 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: $\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$	Индуктивлик: $L = \mu \cdot \mu_0 n^2 l S$
	$\varepsilon_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$	Энергия: $W_{M.M.} = \frac{LI^2}{2}$
$\Phi = LI$	Ўтказгичнинг ЭЮК: $\varepsilon_i = Bvl \sin \alpha$	Энергиянинг зичлиги: $\omega_{M.M.} = \frac{W_{M.M.}}{V}$
	Ўз индукция ЭЮК: $\varepsilon_{iS} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$	$\omega_{M.M.} = \frac{B^2}{\mu \cdot \mu_0}$

### Қонунлар ва қоидалар

#### Электромагнит индукция қонуни

Ўзгарувчан магнитмайдонидан пайдо бўлган уюрмали майдон индукциясининг ЭЮК контур билан чегараланган юзадан ўтадиган магнит оқимининг бирлик вақтга нисбатига тенг.

**Максвелл гипотезаси** – ўзгарувчан магнит майдони фазода ўзгарувчан электр майдонини юзага келтиради, унинг кучланганлик чизиқлари магнит майдонининг магнит индукцияси чизиқларини қамраб олади.

**Ленц қоидаси** – индукцион токнинг магнит майдони магнит қуюнининг ўзгаришига қарши таъсир этадиган, шу токни юзага келтирадиган йўналиши бўлади.

### Глоссарий

**Индуктивлик** – ўрамнинг индуктив хусусиятини тавсифлайдиган физик катталик.

**Магнит оқими** – магнит майдонига кирган ёпиқ контурни кесиб ўтадиган магнит индукциясининг чизиқлари сони.

**Магнит оқими** – контурнинг соҳасига кирадиган магнит майдони индукциясининг ва магнит индукция вектори билан рамкадан нормаль соҳагача бурчакнинг косинусига тенг физик катталик.

**Магнит-резонанс томографияси** – ядрорий магнит резонанснинг физик ҳодисасидан фойдаланиб, одамнинг ички аъзоларини ва тўқималарини текшириш усули. Бу усул атом ядроларининг электромагнит реакциясини ўлчашга асосланган, юкори магнит майдонининг интенсив градиенти электромагнит майдон харакатланади.

**Магнит майдонининг ҳажмий зичлиги** – магнит майдонининг энергетик тавсифи, магнит босим.

**Ўзиндукия** – электр занжиридаги ток оқими ўзгарганда ЭЮК индукцияси пайдо бўлиши.

**Фуко токлари** – массив бутун ўтказгичлардаги индукцион токлар.

**Электр генератори** – механик ўзгарувчан энергияни электр энергиясига айлантирадиган машина.

**Электромагнит индукция ҳодисаси** – магнит оқими ўзгарган вақтда унда ёпиқ ўтказгич контурдан ўтадиган магнит оқими индукцион токнинг пайдо бўлиши.

## Қўшимчалар

# ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИ ВА ЖАДВАЛЛАР

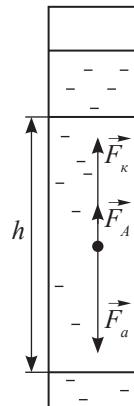
- Лаборатория ишларида уларни олиб бориш мақсади, керакли асбоб-ускуналар кўрсатилган, иш боришида расмлар билан жадваллар билан ва ҳисоблаш формулари билан берилган.

# 1-қўшимча. Лаборатория ишлари

## №1 лаборатория иши Ёпишқоқлиги турли суюқликларда шарнинг ҳаракатини текшириш

**Ишниг мақсади:** ёпишқоқ суюқликдаги шарнинг ҳаракат тезлиги билан суюқлик ёпишқоқлигининг боғлиқлигини (нисбатини) текшириш, глицериннинг ёпишқоқлигини аниqlаш.

**Керакли ассоблар:** баландлиги 25 см, белги кўйилган 3 дона синов, юқори белги синов доирасидан 5–8 см пастда бўлиши керак (*I-расм*), синов қўядиган таглик, мотор мойи, глицерин, ўсимлик мойи кўйилган идишлар,  $d = 1$  мм пўлат шарлар (15 дона) секундомер, салфетка.



*I-расм.*

### Қисқача назария:

Ёпишқоқ муҳитда тушаётган шарга учта куч таъсир этади: оғирлик кучи, Архимед кучи, қаршилик кучи.  $v$  тезлик ўзгармас бўлганда:  $\vec{F}_a + \vec{F}_A + \vec{F}_k = 0$ . Кучларнинг йўналишини хисоб олиб,  $F_a = F_A + F_k$ .

Бу кучларнинг формуласини кўйсак:

$$F_{\text{ог}} = mg = \rho_T \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot g; \quad F_A = \rho_{\text{ж}} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot g; \quad F_k = 6\pi\eta Rv$$

Шу тенгламаларни боғлаб, тезликни топамиз:

$$v = \frac{2(\rho_T - \rho_{\text{ж}}) \cdot g \cdot R^2}{9\eta} \quad (1)$$

Бунда  $\rho_T$  – шар зичлиги,  $\rho_{\text{ж}}$  – суюқликнинг зичлиги,  $R$  – шарнинг радиуси,  $v$  – шарнинг тезлиги,  $\eta$  – суюқликнинг ёпишқоқлиги.

Формуладан ўзгартирсак, (1)

$$\eta = \frac{2(\rho_T - \rho_{\text{ж}}) \cdot g \cdot R^2}{9v} \quad (2).$$

### Ишнинг бажариш тартиби

**1-топширик.** Шар тезлигининг суюқлик ёпишқоқлигини боғлиқлигини текшириш.

- Найга суюқликларни қўйинг. Суюқликнинг қовушқоқлигига қараб унинг ёпишқоқлигини баҳоланг. Суюқликларни жадвалга ёпишқоқлигини ортишига қараб ёзинг.

Суюқлик номи	Тажриба №	Вақт $t, \text{с}$	Тушиш баландлиги $h, \text{м}$	Тезлик $v, \text{м/с}$	Ёпишқоқлиги $\eta, \text{МПа} \cdot \text{с}$	Үртacha тезлик $v_{\text{урт}}, \text{м/с}$
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Суюқник номи	Тажриба №	Вақт $t, \text{с}$	Түшиш баланд-лиги $h, \text{м}$	Тезлик $v, \text{м/с}$	Ёпишқоқлиги $\eta, \text{МПа} \cdot \text{с}$	Үртача тезлик $v_{\text{урт}}, \text{м/с}$
1	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
2	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

- Диаметри 1 мм шарни синовда икки белги ораси билан ҳаракатланган вақтини ўлчанг.
- Икки белги орасидаги масофани  $h$  ўлчанг, ҳар тажрибада ҳаракат тезлигини  $v = h/t$  формуласи бўйича хисобланг.
- Ҳар бир суюқликдаги шарнинг ўртача ҳаракат тезлигини аниқланг, олингган натижани жадвалга ёзинг.
- Олингган натижани суюқликнинг ёпишқоқлиги тўғрисида башорат билан ва (1) формула билан солиштириб хulosаланг.

## 2-топшириқ. Глицериннинг ёпишқоқлигини аниқлаш

- Жадвалдаги берилганлар бўйича ва (2) формулани қўллаб, ҳар бир тажриба учун глицериннинг ёпишқоқлигини хисобланг.
- Глицерин ёпишқоқлигининг ўртача қийматини аниқланг.
- Ўлчовларнинг абсолют ва нисбий хатоликларни хисобланг.
- Ўзингиз олган қиймат хатолигини хисобга олиб ёзинг.
- Ўзингиз олган қийматни глицериннинг жадвалдаги қиймати билан солиштиринг.

### Назорат саволлари:

- Молекуляр-кинетик назария нуқтаи назаридан суюқликнинг ички ишқаланиш механизми қандай?
- Суюқликнинг ёпишқоқлигининг температурага боғлиқлиги қандай, бу боғлиқлик қандай тушунтирилади?
- Нега шарнинг түшиш вақти суюқлик бетидан эмас, белги қўйилган жойдан бошлаб ўлчанади?

## №2 лаборатория иши.

### Электролитларда электр токининг пайдо бўлиш шартларин текшириш

**Ишнинг мақсади:** қандай моддаларнинг эритмалари ўтказгич бўла олишини аниқлаш, токнинг химиявий таъсирини пайкаш.

**Асбоблар:** ток манбай, амперметр, лампа, мис ва цинк электроди бор кювета (идиш), калит, ўтказгичлар, дистилляция усули билан тозаланган, қанд қўшилган сув, туз қўшилган сувли стаканлар, шиша таёқча.

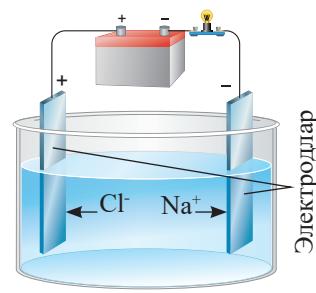
#### Қисқача назария:

Сувнинг кўп моддаларнинг эритувчанлиги сувнинг молекулаларига, тузилишига боғлиқ. Мусбат ва манфий зарядлари бир-бирига нисбатан ҳаракатда бўлади, сув молекуласи диполь бўлади. Суюкликлар бошқа моддалар каби ўтказгич ҳам, яrim ўтказгич ҳам, диэлектрик ҳам бўла олади.

Суюқ ўтказгичларни Майкл Фарадей **электролитлар** деб, турли қутблари бор ток манбай билан уланган электродни *катод* ва *анод* деб атаган.

#### Ишни бажариш тартиби:

- Курилмани йиғиш (2-расм).
- Электродларни турли суюклик қўйилган стаканга солиб, уларнинг қайсиси ўтказгич бўлишини аниқланг.
- Кузатилган ҳодисани жадвалга туширинг.
- Олдиндан қурғотиб, электродларни қурғоқ тузга солинг.



1-расм

№	Моддалар	Занжирдаги токнинг бўлиши	Токнинг химиявий таъсирини кузатиш
1	Тоза сув $H_2O$		
2	Қанд эритмаси		
3	Ош тузининг эритмаси $NaCl$		
4	Тузли сув		

- Сўроқларга жавоб беринг

- Нима учун тоза сув, қанд эритмаси ва қурғоқ туз ўтказгич бўла олмайди?
- Нима сабабдан туз эритмаси ток ўтказади?
- Молекуланинг мусбат ва манфий ионга ажралиши қандай аталади?
- Электролит деганимиз нима?
- Агар эритмага катод ва анодни солсак, унда ионлар қандай ҳаракатланади?
- Зарядланган зарраларнинг йўналган ҳаракати деганда нимани тушунамиз?

#### Хуоса:

- Токнинг пайдо бўлиш шартлари тўғрисида;
- Тузли эритмадаги токнинг ташки таъсирини кузатиш тўғрисида;
- Электролитлардаги ток ташувчиларни атанг.

## 2-қўшимча. Физик катталиклар жадвали

1-жадвал. Физик доимийлар

Физик доимий	Белгиланиши	Доимийнинг қиймати
Вакуумда ёруғлик тезлиги	c	$\approx 3 \cdot 10^8$ м/с
Элементар заряд (электрон заряди)	e	$-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Электроннинг тинчликдаги массаси	$m_e$	$9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
Протоннинг тинчликдаги 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	$6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м <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 нормаль шароитдаги моляр ҳажми ( $t = 0^\circ\text{C}$ , $p = 101,325$ 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 температура	$T_0$	0 К = $-273,15^\circ\text{C}$
Нормаль атмосфера босими	$P_{\text{атм н}}$	101325 Па
Хавонинг нормаль шароитдаги зичлиги	$\rho$	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	Қумуш	10,5
Латунь	8,7	Титан	4,5
Мис	8,9	Цинк	7,18

3-жадвал. Моддаларнинг солиштирма иссиқлик сигими

Модда	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}}$	Модда	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^\circ\text{C}}$
Алюминий	920	Қум	880
Сув	4200	Платина	140
Ҳаво	1000	Симоб	130
Темир	460	Қўрғошин	140
Керосин	2100	Қумуш	250
Ғишт	880	Спирт	2500

Модда	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	Модда	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$
Латунь	380	Пўлат	500
Муз	2100	Шиша	840
Мис	380	Цинк	380
Никель	460	Чўян	540
Калай	250	Эфир	3340

4-жадвал. Солишишторма эрии иссиқлиги, эрии температураси

Модда	$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda, 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	Модда	$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda, 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Алюминий	658	39	Қалай	232	5,9
Темир	1539	27	Платина	1774	11
Олти	1063	6,7	Симоб	-39	1,0
Муз	0	34	Қўрғошин	327	2,5
Мис	1083	21	Кумуш	960	10
Нафталин	80	15	Цинк	420	12

5-жадвал. Солишишторма бугланни ин иссиқлиги ва моддаларнинг нормаль атмосфера босимида қайнаши температураси

Модда	$t, ^\circ\text{C}$	$r, 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	Модда	$t, ^\circ\text{C}$	$r, 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Сув	100	2,3	Спирт	78	0,9
Симоб	357	0,3	Эфир	35	0,4

6-жадвал. Ёқилгининг солишишторма ёни ин 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	3,8
Ёғоч* (қайнц)	13	Табиий газ	44
Ёғоч* (қарағай)	13	Спирт	27
Ёғоч кўмир	34	Торф	14

7-жадвал. Тўйинган бугларнинг босими ва зичлигининг температурага боғлиқлиги

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г}/\text{м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г}/\text{м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г}/\text{м}^3$
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
4	0,81	6,33	24	2,99	21,54	44	9,11	62,3

$t, ^\circ C$	$p, kPa$	$\rho, g/m^3$	$t, ^\circ C$	$p, kPa$	$\rho, g/m^3$	$t, ^\circ C$	$p, kPa$	$\rho, g/m^3$
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 температура

Модда	Критик температура $t, ^\circ C$	Модда	Критик температура $t, ^\circ C$
Симоб	1700	Углерод гази	31
Сув	374	Кисрод	-118
Этил спирти	243	Азот	-146
Эфир	197	Водород	-240
Хлор	146	Гелий	-263

9-жадвал. Психрометрик жадвал

Күрғоқ термометрнинг күрсаткичи $t, ^\circ C$	Күрғоқ ва нам термометр күрсаткичларининг айирмаси, $^\circ C$									
	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			

Қурғоқ термометрнинг кўрсаткичи <i>t</i> , °C	Қурғоқ ва нам термометр кўрсаткичларининг айрмаси, °C									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Нисбий намлик, %									
5	92	82	71	59	52	39	23	5		
6	92	83	73	62	49	43	28	12		
7	93	84	75	64	52	38	33	18	1	
8	93	86	77	67	55	42	28	24	8	
9	94	86	78	69	58	46	33	17	14	
10	94	87	80	71	61	50	37	23	7	
11	94	88	81	73	64	53	41	28	13	
12	95	89	82	75	66	56	45	33	19	4
13	95	90	83	76	68	59	49	38	25	10
14	95	90	84	78	70	62	52	42	30	16
15	96	91	85	79	72	64	55	45	34	22
16	96	91	86	80	74	67	58	49	39	27
17	96	92	87	82	76	69	61	52	43	32
18	96	92	88	83	77	71	63	55	46	36
19	97	93	89	84	79	73	66	58	50	40
20	97	93	89	85	80	74	68	61	53	44
21	97	94	90	86	81	76	70	63	56	48
22	97	94	91	87	82	77	72	66	59	51
23	97	94	91	87	83	79	73	68	61	54
24	98	95	92	88	84	80	75	70	64	57
25	98	95	92	89	85	81	77	71	66	59
26	98	95	93	90	86	82	78	73	68	62
27	98	96	93	90	87	83	79	75	70	64
28	98	96	93	91	88	84	80	76	72	66
29	98	96	94	91	88	85	82	78	73	68
30	98	96	94	92	89	86	83	79	75	70
31	98	97	94	92	90	87	84	80	76	72
32	98	97	95	93	90	88	85	81	78	74
33	99	97	95	93	91	88	85	82	79	75
34	99	97	95	93	91	89	86	83	80	77
35	99	97	96	94	92	90	87	84	81	78
36	99	97	96	94	92	90	88	85	82	79
37	99	98	96	94	93	91	88	86	83	80
38	99	98	96	95	93	91	89	87	84	81
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 температурадаги суюқтарнинг сирт таранглик коэффициенти

Модда	$\sigma, \frac{мН}{м}$	Модда	$\sigma, \frac{мН}{м}$
Сув	73	Сут	46
Бензин	21	Нефть	26
Глицерин	59	Симоб	487
Керосин	24	Спирт	22
Совун эритмаси	40	Сирка кислотаси	28

11-жадвал. Қаттиқ жиссмларнинг механик хоссалари

Модда	Чўзилишнинг мустаҳкамлик чегараси $\sigma_{бш}, \text{МПа}$	Эластиклик модули E, ГПа	Модда	Чўзилишнинг мустаҳкамлик чегараси $\sigma_{бш}, \text{МПа}$	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	Қумуш	140	80
Олтин	140	79	Пўлат	500	200
Фишт	17	3	Шиша	90	50
Муз	1	10	Фарфор	650	150
Мис	400	120	Цинк	150	80

12-жадвал. Мугитнинг диэлектрик синдириувчанлиги

Модда	Диэлектрик синдириувчанлик	Модда	Диэлектрик синдириувчанлик
Сув	81	Парафин	2,1
Керосин	2,1	Слюдя	6
Май	2,5	Шиша	7

13-жадвал. Металлар ва қотишмаларнинг солишишторма қаршилиги

Модда	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$	Модда	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$
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	$9,54 \cdot 10^{-7}$
Латунь	$6,3 \cdot 10^{-8}$	Кўрғошин	$2,07 \cdot 10^{-7}$
Магнанин	$3,9 \cdot 10^{-8}$	Қумуш	$1,58 \cdot 10^{-8}$
Мис	$1,68 \cdot 10^{-8}$	Фехраль	$1,1 \cdot 10^{-6}$

Модда	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$	Модда	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$
Никелин	$4,2 \cdot 10^{-8}$	Цинк	$5,95 \cdot 10^{-8}$
Никель	$7,3 \cdot 10^{-8}$	Чүян	$5 \cdot 10^{-7}$

14-жадвал. Қаршиликнинг температура коэффициенти

Модда	$\alpha, K^{-1}$	Модда	$\alpha, K^{-1}$
Вольфрам	$5 \cdot 10^{-3}$	Никелин	$10^{-4}$
Константан	$5 \cdot 10^{-6}$	Нихром	$2 \cdot 10^{-4}$
Магнанин	$8 \cdot 10^{-5}$	Фехраль	$2 \cdot 10^{-4}$

15-жадвал. Электрохимиявий 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	$2,08 \cdot 10^{-7}$	Қўргошин	$1,07 \cdot 10^{-6}$
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	$3,29 \cdot 10^{-7}$	Цинк	$3,39 \cdot 10^{-7}$

16-жадвал. Парамагнетиклар ва диамагнетикларнинг магнит сингдирувчанлиги

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 (суюқ)	1,0034	Цинк	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

ДАВР-КАТОРЛАР	Э	Л	Е	М	Н	Т	П	А	Р	У	Х	Л	А	Р	(H)							
															VII	VIII	VII	VIII				
1 1	H	1	ВОДОРОД	1																		
2 2	Li	3	Be	4	5	B	6	C	7	N	8	O	9	F								
3 3	Na	11	Li	2	БЕРЛЮЙ	2	3	БОР	4	УЛЬФЕРД	5	АЭОТ	6	ФТОР								
4 4	K	19	Ca	20	Sc	21	Ti	(22)	V	(23)	Cr	(24)	Марганец	25	Fe	(26)	Co	27	Ni	28		
5 5	Zn	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br		Марганец	26	Кобальт	25	Никель	26		
6 6	Rb	37	Sr	38	Y	39	Zr	40	Nb	41	Mo	42	Технеций		Fe	27	Марганец	28	Криптон	36		
7 7	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Te	52	Te	53	I		Br	29	Марганец	30	Хеліон	54		
8 8	Cs	55	Ba	56	La	57	Hf	58	W	59	Re	60	Рутений		Pd	46	Галлий	47	Хе	58		
9 9	Au	79	Ag	80	Hg	81	Tl	82	Ta	83	Bi	84	Родий		Pt	77	Гордий	78	Фтор	98		
10 10	Fr	87	Ra	88	Ac**	89	Ku	90	Os	91	Ir	92	Платина		Rn	86	Гордий	87	Радон	102		
11 11	Оксидлари		Р2O	RO	R2O3	RO2	RH4	RH3	R2O5	RO3	R2O7				RO4							
12 12	Учурдан водороди биримлары																					
13 13	Се	58	Pr	59	Nd	60	Пm	61	Sm	62	Eu	63	Gd	64	Tb	65	Dy	66	Ho	67		
14 14	Церий	18	ПРАЗЕДИМ	21	Самарий	22	ПРОМЕТИЙ	23	Самарий	24	Европий	25	Гадолиний	26	Тербий	27	Дисдрозий	28	Гольмий	29	Лу	71
15 15	Титан	240,908	А	244,24	К	245	И	246	И	247	И	248	Ам	249	Бк	97	Cf	98	Es	99	Мd	101
16 16	Протактиний	18	Уран	91	Н	92	П	93	П	94	Сm	95	Корий	96	Берклий	97	Ферми	98	Иттербий	99	Л	103
17 17	Тантал	232,338	Франций	123	Радий	124	Актиний	125	Корий	126	Америкий	127	Калифорний	128	Энштейнний	129	Менделевий	130	Нобелий	131	О	3
18 18	Оксидлари																					

Элемент атом рахами  
Балыгы  
СКАНДАЙИ  
44,956  
2 2

Энергетик погонда  
Атом массасы  
Электронларнин  
энергетик погонада  
жойлаши  
Элемент номы

- атом рахами  
- s-элементтар  
- p-элементтар  
- d-элементтар  
- f-элементтар

ГЕРДИЙ  
4,003  
2 к  
НЕОН  
20,179  
8 к  
АРТОН  
39,948  
8 к  
КРИПТОН  
83,810  
8 к  
ХЕЛИОН  
131,30  
8 к  
ФТОР  
18,998  
7 к  
МОЛІБДЕН  
95,94  
2 к  
ОДЫРДАЛАР  
Хосип жүлгөвін  
металлдарның  
тәсілдерінде  
тапқандағы  
жоғары  
бірлігінде  
есептілген.

К

Оқталардың  
жадыларынан  
жоғары  
бірлігінде  
есептілген.

Одий күнбалау  
хосип жүлгөвін  
металлтарның  
тәсілдерінде  
тапқандағы  
жоғары  
бірлігінде  
есептілген.

Одий күнбалау  
хосип жүлгөвін  
металлтарның  
тәсілдерінде  
тапқандағы  
жоғары  
бірлігінде  
есептілген.

## Предмет-ном құрсаткич

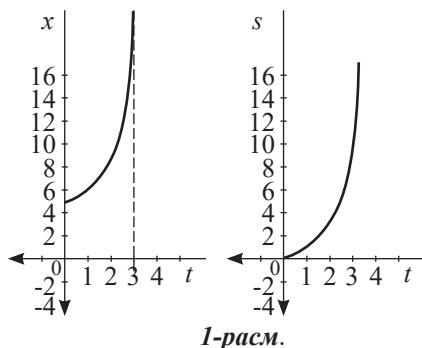
Абсолют қаттың жисм	59	Кирхгофнинг II қоидаси	260
Абсолют нол	111	Клапейрон Б.	122
Авогадро қонууни	116	Клапейрон тенгламаси	123
Адиабата жараәни	151	Клаузиус Р.	157
Аморф жисм	185	Конвекция	103
Ампер қонууни	322	Конденсатор	233
Ампер күчи	321	Контур	258
Анизотропик	185	Координата	4, 20, 60
Араго Д.	312	Косинуслар назарияси	8
Ҳавонинг абсолют намлиги	172	Кулон қонууни	198
Барокамера	135	Лаплас П.	315
Бернули Д.	86	Ленц қоидаси	353
Бернули тенгламаси	86, 90–93	Лоренц Х.	329
Био-Савар-Лаплас қонууни	315	Лоренц күчи	328
Бойль-Мариотт қонууни	127	Магнит майдони	311
Больцман Л.	115	Магнит индукция	314
Больцман доимийсі	115	Масса	45
Вебер В.	345	Массалар марказы	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 қонууни	128	Моль	103
Генри Д.	358	Ньютоннинг I қонууни	35
Гигрометр	173	Ньютоннинг II қонууни	36, 37, 64, 66
Гирокоп	70	Ньютоннинг III қонууни	36
Гук қонууни	189	Майдон энергияси	236
Дальтон қонууни	125	Парамагнетиклар	333
Жоуль – Ленц қонууни	269	Плазма	298
Диамагнетиклар	334	Пирометр	110
Динамика	35	Психрометр	175
Диполь	225	Реактив двигател	49
Диссоциация даражаси	287	Рекомбинация	287
Дизэлектриклар	224	Ротор	326
Друде – Лоренц назарияси	272	Рэлей Дж.	102
Иссиқлик ўтказувчанлық	143	Эластиклик	187
Иссиқлик сигими	143	Синуслар назарияси	8
Идеал газ	112	Статика	35, 59
Инерция күчи	37	Стокс формуласи	96, 99
Карно Н.	156	Статор	326
Кельвин шкаласи	111	Сублимация	167
Кеплер Қонууни	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	Шунт	254, 310
Термометр	108–109	Эксцентриситет	75, 82
Термоэлектрон эмиссия	108	Электр генератор	348, 363
Температура	108	Электр токи	242, 271, 278, 285, 293, 310
Тепловизор	110	Электр индукция	241
Торричелли тенгламаси	91	Электродинамика	195
Торап	253	Электр юритувчи куч	245, 310
Фарад	231, 241	Электр майдони	201
Фарадейнинг I қонуни	290–291	Электромагнит индукция	343, 344, 363
Фарадейнинг II қонуни	290–291	Электролиз	288, 289, 310
Фаренгейт шкалас	111	Электролит	286, 310
Ферромагнетиклар	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 сиғими	231
Цельсий шкаласи	110	Электрохимиявий эквивалент	200, 291, 310
Шарль қонуни	129	Эрстед Х.К.	313
Штерн О.	100, 104, 105		

## Машқарнинг жавоблари

**1-машқ.** 1. 2 м/с, 0,3 м/с<sup>2</sup>. 2. 2 м/с.

3. а) 2 м/с<sup>2</sup>, 0; 1 м/с<sup>2</sup>, -4 м/с<sup>2</sup>; 99 м, 99 м; б)  $x_1 = 5 + t^2$ ; в) 1-расм. 4. 3,24 м.



**2-машқ.** 1.  $\approx 8,3$  м/с. 2. 20 с. 3. 4 м/с. 4. 90 с, 81 м,  $\approx 115,6$  с.

**3-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.  $\approx 0,49$  м/с,  $\approx 0,015$  рад/с;  $\approx 0,007$  м/с<sup>2</sup>, 0.

**4-машқ.** 1. 2,5 Н. 2. 778 Н.

**5-машқ.** 1. 9,5 %. 2. 7,57 км/с, 96,5 мин. 3. 2 мар. кам. 4. 4 мар., 9 мар., 16 мар.

**6-машқ.** 1. 20,4 м/с, 56,4 м/с. 2.  $\approx 5,35$  м/с. 3.  $\approx 11,67$  м/с,  $43^\circ$ .

**7-машқ.** 1. 120 кг. 2. Оғир юқ илинган учидан 0,1 м масофа. 3. Пўлат ўзакни учидан 11,4 см масофада.

**8-машқ.** 1. 96 кПа. 2. Икки най кесимларининг юзаси 2 марта ортади, босим ўзгармайди. 3. 1000.

**9-машқ.** 1.  $\approx 728$  мм.сим.уст.

3.  $\approx 10,56$  МПа;  $\approx 10,66$  МПа.  
4.  $10,3 \cdot 10^5$  Па.

**10-машқ.** 1. 0,5 м/с, бошлангич йўналишда. 2. 1,28 м. 3. 20 мм.

**11-машқ.** 1. а) 40,82 мН. б) 4,71 мкН.

в)  $F_a = F_A + F_k$  г) 36,11 мкН. д) 2 Па·с.

**12-машқ.** 1.  $4,18 \cdot 10^{-9}$  м. 2. 201 м/с.

3.  $\approx 106,7$  кПа.

**13-машқ.** 1. 100 кПа. 2. 65 кПа. 3. 100 см<sup>3</sup>.  
4. 100 кПа.

**14-машқ.** 1.  $\approx 18698$  Дж. 2. Йўқ, 900 Дж.

**15-машқ.** 1. 20 Дж, 20%. 2.  $\eta = 39\%$ .

3. 27 %, 274 кДж. 4.  $2,5 \cdot 10^{13}$  кг,  $1,05 \cdot 10^{11}$  кг, 0,002 %. 5. 1196,4 кг.

**16-машқ.** 1. 82,8 г/м<sup>3</sup>. 2. 2400 Па, тўйинмаган. 3. 53,6 г/м<sup>3</sup>. 4. 50%.

**17-машқ.** 1.  $1,6 \cdot 10^{-3}$  Н, мойга қараб. 2. 0,1 Н. 3. 78 мН/м. 4. 7 мм.

**18-машқ.** 1. 540 мкН. 2. -5 мкКл, -5 мкКл, 22,5 Н. 3.  $1,76 \cdot 10^{12}$  м/с<sup>2</sup>. 4.  $3,6 \cdot 10^7$  Н/Кл.

**19-машқ.** 1.  $5 \cdot 10^{-9}$  Кл. 2. 100 В.

3. 0,625 мкДж. 4.  $10^{-8}$  Кл,  $5 \cdot 10^{-6}$  Дж.

**20-машқ.** 1. 0,17 А, 6 мин. 2. 60 А.

**21-машқ.** 1. 0,5 А, 3,5 В. 2. 3,5 А.  
3. 0,47 А. 4. 2 В.

**22-машқ.** 1. 3,18 мин. 2.  $\approx 5,45$  А.

3. 13250 тенге, 5667 тенге, 7583 тенгеге ортиқ. 4. 80 %.

**23-машқ.** 2. 4,15 В.

**24-машқ.** 1. 4 В. 2. 5 мар.

**25-машқ.** 1.  $\approx 12,5$ . 2.  $0,0045$  К<sup>-1</sup>.

**26-машқ.** 1. Қисмларга бўлиб, уларнинг учларининг бир-бирига тортишини кузатиш. 2.  $4 \cdot 10^{-5}$  Тл. 3.  $\approx 12$  А.

**27-машқ.** 1. 0. 2.  $2 \cdot 10^{-8}$  Н. 3.  $1,6 \cdot 10^{-15}$  Н, 0,569 мм.

**28-машқ.** 1. 2000, 1000. 2. 0.

**30-машқ.** 1. 5 м. 2. -0,25 Вб/с. 3. 4 В.

**31-машқ.** 1. Ёниб кетади. 2. 30 В. 3. 1/3, 2520. 4. 5,625 А.

## Фойдаланилган адабиётлар рўйҳати

1. Ударцева В.М., Федоров В.Н., Шуиншина Ш.М. Физика. Учебная программа для 10-11 классов естественно-математического направления общеобразовательной школы. – Астана: НАО им. И.Алтынсарина, 2013. – 19 с.
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. Методика факультативных занятий по физике: пособие для учителей Кабардин О.Ф., Кабардина С.И., Орлов В.А. и др.; – М.: Просвещение, 1980. – 191 с.  
М. М. Балашов Физика. Пробный учебник для 9 класса средней школы. – Москва: Просвещение, 1993.
6. 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.  
Физика. Перевод с английского Ахматова А.С. и др. – Москва: Наука, 1965.
7. Эллиот Л., Уилкокс У. Физика./ Перевод с англ. под редакцией проф. Китайгородского А.И.. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1975.  
Кикоин И.К., Кикоин А.К. Физика. Учебник для 9 класса средней школы. – М.: Просвещение, 1992.
8. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика. Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. – М.: Просвещение, 1995.
9. Шахмаев Н.М. и др. Физика. Учебник для 11 класса средних школ. – М.: Просвещение, 1991.
10. Элементарный учебник физики /под ред. акад. Ландсберга, том I. – Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука». – М., 1975.
11. Элементарный учебник физики под ред. акад. Ландсберга, Т.2. Электричество и магнетизм. – 13-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 480 с.
12. Физика: Механика: Учеб. Пособие для шк. И классов с углубл. изуч. физики / Балашов М.М., Гомонова А.И., Долицкий А.Б. и др.; Под ред. Мякишева Г.Я . – М.: Просвещение, 1995. – 480 с.
13. Грабовский Р.И. Курс физики: Учебное пособие. 11-е изд., стер.– СПб.: Издательство «Лань», 2009. – 608 с.
14. Кабардин О.Ф. Физика: справ. материалы: Учеб. пособие для учащихся. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 1991. – 367 с.
15. Физика: Учебник для 10 классов естественно-математического направления общеобразовательных школ / Б.Кронгарт, В.Кем, Н.Койшибаев. – Алматы: Мектеп», 2006. – 352 с.
16. Рымкевич А.П., П.А. Рымкевич Сборник задач по физике. – Москва «Просвещение», 1984.
17. Сборник задач по физике: Для 10-11 кл. общеобразовательных учреждений / Сост. Г.Н. Степанова. М.: Просвещение, 2001.

18. Гладкова Р.А., Добронравов В.Е., Жданов Л.С., Цодиков Ф.С. Сборник задач и вопросов по физике для средних специальных учебных заведений. – изд. 2. испр-вл. М.: Наука, 1974.
19. Сборник задач по физике. 10-11 классы: пособие для учащихся общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни/ Парфентьев Н.А. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2010. – 206 с.
20. Парфентьева Н.А. Задачи по физике. Для поступающих в вузы, – М.: Классикс Стиль, 2005. – 480 с.
21. Физика в задачах для поступающих в вузы / Турчина Н.В. – М.: ООО Издательство «Оникс»; ООО «Издательство «Мир и образование», 2008. – 768 с.
22. 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.
23. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики – М.: «Наука». 1976. – 464 с.
24. Зубов В.Г., Шальнов В.П. Задачи по физике. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1975. – 280 с.
25. Вертельник В.И., Позднеева Э.В. и др. Физика. Тренировочные задания: в 2 ч. – Томск. Том.политехн. ун-т, 2006. – ч. 1. – 170 с.
26. 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.
27. Практикум по физике в средней школе: дидакт. материал. / Буров В.А., Дик Ю.И., Зворыкин Б.С и др. – М.: Просвещение, 1987.
28. Қазақша-орысша. Орысша-қазақша терминологиялық сөздік. Физика және астрономия. – Алматы: «Қазақпарат» баспа корпорациясы, 2014. –388 б. Мемлекеттік терминологиялық комиссия бекіткен.
29. Орысша-қазақша сөздік. А. Байтұрсынов атындағы Тіл білімі институты, – Алматы. Дайк-пресс – 2005.
30. Физика: еженедельник издательского дома «Первое сентября». Адрес сайта: <http://fiz.1september.ru/>.
31. «Классная физика». Образовательный сайт. Адрес сайта: <http://class-fizika.narod.ru>

# Мундарижа

Кириш.....	4
<b>1-БОБ. Кинематика.....</b>	<b>5</b>
1§. Жисм ҳаракати кинематикасининг асосий тушунчалари ва тенгламаси.....	6
2§. Ҳаракатнинг нисбийлиги.....	11
3§. Эгри чизикли ҳаракат кинематикаси.....	16
<b>2-БОБ. Динамика.....</b>	<b>21</b>
4§. Кучлар. Кучларни қўшиш. Ньютон қонунлари.....	22
5§. Бутун олам тортишиш қонуни.....	27
6§. Гравитацион майдондаги жисмнинг ҳаракати.....	34
<b>3-БОБ. Статика ва гидростатика.....</b>	<b>41</b>
7§. Массалар маркази. Мувозанат турлари.....	42
8§. Туташ идишлар. Паскаль қонунининг кўлланилиши.....	49
9§. Торричелли тажрибаси. Атмосфера босими.....	56
<b>4-БОБ. Сақланиш қонунлари.....</b>	<b>63</b>
10§. Механикадаги импульс ва энергиянинг сақланиш қонунлари.....	64
<b>5-БОБ. Гидродинамика .....</b>	<b>71</b>
11§. Суюқлик кинематикаси.....	72
<b>6-БОБ. Молекуляр-кинетик назариянинг асослари .....</b>	<b>79</b>
12§. МКН асосий қоидалари. Термодинамик параметрлар.....	80
13§. Кристалл ва аморф жисмлар .....	87
<b>7-БОБ. Газ қонунлари.....</b>	<b>93</b>
14§. Идеал газ ҳолат тенгламаси. Изопроцеслар. Адиабатик процесс .....	94
<b>8-БОБ. Термодинамика асослари .....</b>	<b>101</b>
15§. Термодинамика қонунларини кўллаш .....	102
16§. Иссиқлик двигателлар .....	109
<b>9-БОБ. Суюқ ва қаттиқ жисмлар.....</b>	<b>117</b>
17§. Ҳавонинг намлиги. Шудринг нуктаси .....	118
18§. Суюқликнинг сирт таранглиги. Хўллаш, капилляр ҳодисалар .....	123
<b>10-БОБ. Электростатика .....</b>	<b>129</b>
19§. Электр майдони.....	130
20§. Электр сигими. Конденсаторлар. Электр миқдори ва сигимнинг ўлчов бирликлари .....	136
<b>11-БОБ. Ўзгармас ток .....</b>	<b>143</b>
21§. Электр юритувчи куч ва ток манбаининг ички қаршилиги. Кучланиш, потенциаллар айримаси.....	144
22§. Тўлиқ занжир учун Ом қонуни .....	148
23§. Электр токининг иши ва куввати .....	152

<b>12-БОБ. Түрли мұхитда электр токи.....</b>	157
24§. Металлардаги, ярим үтказгичлардаги, электролитлардаги, газлар ва вакуумдаги электр токи.....	158
25§. Ярим үтказгичли асбоблар .....	167
26§. Ўта үтказувчанлик .....	172
<b>13-БОБ. Магнит майдони.....</b>	179
27§. Магнит майдони. Парма қоидаси. Магнит индукциясининг вектори .....	180
28§. Ампер кучи. Лоренц кучи .....	186
29§. Моддаларнинг магнит хоссалари.....	192
30§. Сунъий магнитлар. Соленоид .....	196
<b>14-БОБ. Электромагнит индукция.....</b>	203
31§. Электромагнит индукция конуни .....	204
32§. Электромагнит асбоблар.....	210
33§. Магнит-резонанс томография .....	215
<b>Қўшимчалар. Лаборатория ишлари ва жадваллар .....</b>	221
1-қўшимча. Лаборатория ишлари .....	222
№1 лаборатория иши Ёпишқоқлиги турли суюқликлардаги шарнинг ҳаракатини текшириш.....	222
№2 лаборатория иши. Электролитлардаги электр токининг пайдо бўлиш шартларини текшириш .....	224
2-қўшимча. Физик катталиклар жадвали.....	225
Предмет-ном кўрсаткич.....	232
Машқларнинг жавоблари.....	234
Фойдаланган адабиётлар рўйхати .....	235

*Оқулық басылым*

**Назифа Анваровна Закирова  
Руслан Рауфович Аширов**

## **ФИЗИКА**

Жалпы білім беретін мектептің  
қоғамдық-гуманитарлық бағытындағы  
10-сыныбына арналған оқулық

*(өзбек тілінде)*

<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>	Э.Тахиров
<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](mailto: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](mailto:zhazushi@mail.ru)

ИБ №7438

Басуға 16.09.2019 ж. қол қойылды. Пішімі  $70 \times 100 \frac{1}{16}$ .

Қағазы оғсеттік. Қаріп түрі «Times New Roman». Оғсеттік басылыш.

Баспа табағы 15,0. Шартты баспа табағы 19,5. Таралымы 2000 дана.

ISBN 978-601-200-672-8

